

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARLI DA SILVA SANTOS

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS
FÍSICO-QUÍMICAS, REOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE FRUTOS DA
GABIROBEIRA (*Campomanesia xanthocarpa* Berg)**

**CURITIBA
2011**

MARLI DA SILVA SANTOS

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS
FÍSICO-QUÍMICAS, REOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE FRUTOS DA
GABIROBEIRA (*Campomanesia xanthocarpa* Berg)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Lys Mary Bileski Cândido
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a Carmen L. O. Petkowicz

**CURITIBA
2011**

Santos, Marli da Silva

Impacto do processamento sobre as características físico-químicas, reológicas e funcionais de frutos da gabirobeira (*campomanesia xanthocarpa* Berg) / Marli da Silva Santos. – Curitiba, 2011.

148 f., il.; graf., tabs.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Lys Mary Bileski Cândido

Co-orientadora: Carmen L. O. Petkowicz


1. Gabiroba – Processamento. I. Cândido, Lys Mary Bileski. II. Petkowicz, Carmen L. O. III. Título.

CDD 664.06

MARLI DA SILVA SANTOS

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, REOLÓGICAS E
FUNCIONAIS DE FRUTOS DA GABIROBEIRA (*Campomanesia
Xanthocarpa* Berg)**


Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de
Alimentos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão
formada pelos professores:


Orientadora: Prof^a. Dr^a. LYS MARY BILESKI CÂNDIDO
Setor de Ciências da Saúde, UFPR


Prof. Dr. LUCIANO LUCCHETTA
Campus Francisco Beltrão, UTFPR


Prof^a. Dr^a. MARIA HELENE GIOVANETT CANTERI
Campus Ponta Grossa, UTFPR


Prof^a. Dr^a. JULIANA DE PAULA MARTINS
Campus Ponta Grossa, UTFPR


Dr^a. SÔNIA CACHOEIRA STERTZ
Setor de Tecnologia, UFPR

Curitiba, 21 de fevereiro de 2011.

Dedico este trabalho aos meus dois grandes amores:

Ao meu marido João Carlos, meu porto seguro, a quem devo mais essa caminhada que foi regada com o seu amor, compreensão e carinho. Obrigada por iluminar a minha vida com sua alegria todos esses anos.

Ao meu filho Carlos Henrique, presente divino, obra prima, tesouro valioso, de quem tenho muito orgulho.

A certeza de sermos amados nos encoraja a irmos além de nossas forças, minimiza nossos sofrimentos e nos transforma em seres humanos melhores!

AGRADECIMENTO

À Deus, que na sua infinita bondade e misericórdia me deu forças para superar as barreiras da vida e me tornar mais forte na trilha deste objetivo.

Agradeço a todos os membros de minha família pelo amor e pelo apoio incondicional sempre!

À minha orientadora Professora Dr^a. Lys Mary B. Cândido, um exemplo de professora e educadora. Sempre serei grata por ter acreditado em mim sem me conhecer, pela dedicação, compreensão, paciência, pelas mensagens de incentivo, quando o desanimo ultrapassava a tela do computador, obrigada pela oportunidade de crescimento.

À Dr^a Carmen L. O. Petkowicz pela co-orientação, pela dedicação nas correções realizadas neste trabalho e por todo auxílio prestado.

A todos os membros da banca de defesa pelas considerações, sugestões.

Ao Prof. Dr. Prof. Luciano Luccheta, pelas considerações valiosas sugestões.

À Profa. Dra. Maria Helene Giovanetti Canteri, pelas valiosas correções e sugestões e atenção especial dispensada na correção final do trabalho.

À Profa. Dra. Juliana de Paula Martins, pelas valiosas correções e considerações

À Prof^a. Dr^a. Sônia C. Stertz pelas valiosas correções, considerações, incentivo de continuidade e apoio prestado durante toda a minha PPGTA.

Ao José Emilson da UNICAMP pela ajuda com as análises de carotenóides.

Ao professor Obdúlio do Dep. Farmácia pela ajuda na preparação dos extratos para determinação da atividade antioxidante.

Ao departamento de controle de qualidade do laboratório Catarinense da cidade de Joinville pela doação do padrão de beta caroteno. A Novozymes Latin Americana Ltda pela doação das amostras de enzimas.

A Maria Helene e José Mauro Giroto, pelo respeito, amizade, apoio e incentivo recebido desde a graduação, não tenho palavras para agradecer-los, muito obrigada.

À minha colega Silvana Licodiedoff do PPGTA pelas lindas mensagens motivadoras que me enchiam de energia para prosseguir. A todos os Professores e colegas do Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná.

Ao secretário da Pós-graduação Paulo Roberto Krainski por todas as informações prestadas e pela colaboração. Agradeço as Técnicas Silvana e Everly dos Laboratório de Tecnologia de Alimentos e Química Analítica.

Ao Técnico Jair do departamento de nutrição pelo auxílio com o liofilizador.

A todos meus colegas da UTFPR PG, especialmente minha colega Lúcia Mara Ramos, por ouvir meus desabafos, pelos abraços e sorrisos energéticos que me ajudaram a suportar todas as tribulações sofridas durante a realização deste trabalho.

Concede-me Deus,

Sutileza de revelar o quanto é grande sua misericórdia!

Habilidade para entender as atitudes do meu próximo!

Capacidade de reter as coisas boas e desprezar as más.

Graça abundante para poder transmitir os conhecimentos aqui adquiridos.

Ensina-me a recomeçar, rege-me a continuar e perseverar até o final em todas as
minhas jornadas, seja qual for caminho que tenha que percorrer.

RESUMO

A gabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) é uma planta nativa da família Myrtaceae. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial tecnológico do fruto, por meio de produção de polpa congelada, extração de suco, elaboração de doce em massa, extração de pectina a partir da polpa e óleo a partir da semente. Os frutos, provenientes de populações de plantas nativas, de cinco comunidades do Distrito de Itaiacoca, próximo ao município de Ponta Grossa (PR), foram colhidos manualmente e de forma aleatória, em diversas posições e orientações das plantas, em média três quilos de frutos por planta, em três diferentes estádios de maturação, adotando-se o critério de cor predominante da casca. Os três estádios de maturação foram assim caracterizados: estágio de maturação verde (FV), estágio iniciando a pigmentação, meio-maduro (FIP) e maduro considerado adequado para consumo com a coloração predominante da casca amarela/laranjada (FAL). As características físicas e químicas da gabiropa foram avaliadas nos três estádios de maturação quanto aos parâmetros: pH, sólidos solúveis totais (SS), acidez total titulável (AT), cor, a^* , b^* , L^* , ângulo *Hue* (h), relação SS/AT, açúcares totais e porcentual de polpa (%). Foram realizadas análises estatísticas multivariadas de agrupamento, onde foi possível observar que os frutos, apesar de coletados de plantas nativas provenientes de propagação espontânea, apresentaram características bem definidas quanto ao estágio em que foram coletados. A análise de agrupamento mostrou a formação de um grande grupo subdividido em subgrupos que apresentaram algum grau de similaridade baseada no conjunto das características avaliadas. Os resultados permitem inferir sobre a existência da variabilidade entre os frutos coletados nas diferentes regiões. Para o preparo da polpa, frutos maduros foram selecionados, classificados e sanitizados, triturados, centrifugados, e o sobrenadante envasado em embalagens de polietileno fechadas hermeticamente, seguindo-se congelamento (-20 ± 2 °C) e armazenamento durante 180 dias. A polpa foi avaliada mensalmente quanto aos teores de compostos bioativos incluindo vitamina C, flavonóides, compostos fenólicos totais determinados por espectrofotômetro UV/VIS e carotenóides determinados por HPLC (cromatografia líquida de alta eficiência). Para determinação da concentração de cálcio, ferro, manganês, zinco e cobre, empregou-se espectrofotômetro de absorção atômica. Utilizou-se fotômetro de chama para determinação de sódio e potássio. O teor de fósforo foi determinado por meio de espectrofotômetro UV/VIS. Os métodos de DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazil) e ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico) foram empregados para a avaliação do potencial antioxidante. As análises reológicas foram realizadas em reômetro HAAKE RS 75 Rheoestress, acoplado a um controlador de temperatura *Peltier* (TC81) com termocirculador de água DC5B3 usando sensor placa-placa PP-35ti. A gabiropa apresentou teores consideráveis de minerais: ferro, fósforo, cálcio, potássio, zinco e manganês e de compostos fenólicos totais ($131,90 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ em ácido gálico), vitamina C ($313,21 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de ácido ascórbico) e carotenóides totais ($290,84 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$). Dos carotenóides, 42% correspondem ao beta-caroteno, o principal precursor da vitamina A ($20,61 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ em equivalente de retinol (RE)). Ao longo do armazenamento da polpa, verificou-se redução aproximada de 10,00% nos teores de compostos fenólicos totais, 5,35% para os flavonóides e 23,52% de vitamina C. A polpa de gabiropa apresentou comportamento pseudoplástico com limite de escoamento. O espectro mecânico da polpa de gabiropa mostrou que os módulos de armazenamento (G') e perda (G'') foram independentes da frequência em toda a faixa estudada. Os polissacarídeos

foram extraídos da polpa de frutos maduros em diferentes condições e agentes extratores: (a) água destilada (26°C); (b) ácido cítrico variando a concentração e a temperatura (0,5% e 5%/50°C e 100°C) e (c) NaOH 2mo l.L⁻¹ (26°C). Cada fração de polissacarídeos foi avaliada quanto ao rendimento, teor de proteína, açúcar total, e teor de ácidos urônicos usando técnicas espectrofotométricas UV/VIS. A composição monossacarídica foi determinada através de cromatografia líquido-gasosa. O grau de esterificação foi determinado por espectroscopia de infravermelho. As propriedades reológicas foram determinadas utilizando um sensor cone-placa C-60 2ti. Verificou-se que o rendimento é proporcional às condições de extração: tempo, temperatura e agente extrator. As frações de polissacarídeos isoladas da polpa de gabioba apresentaram-se constituídas principalmente por ácido urônicos, arabinose, galactose e ramnose em diferentes proporções. As condições de extração interferem na composição monossacarídica, grau de esterificação e poder gelificante dos polissacarídeos. Na concentração de 30g.L⁻¹ as pectinas apresentaram comportamento pseudoplástico. Todas as frações de pectinas isoladas formaram géis. Todas as frações de polissacarídeos extraídos da gabioba, mesmo as obtidas nas condições mais drásticas, apresentaram como característica resistência frente às variações de temperatura. O óleo obtido da semente dos frutos da gabioba apresentou consideráveis teores de compostos bioativos e os resultados dos teores de ácidos graxos indicaram alto grau de insaturação. Através de processos de extração por solventes foi obtido um produto rico em ácido oléico e linoléico. O suco foi obtido por tratamento enzimático da polpa. A extração do suco foi conduzida por meio de planejamento fatorial 2² variando o tempo e a concentração de enzima, fixando-se a temperatura de incubação em 50 °C. O suco extraído enzimaticamente apresentou boa retenção dos compostos bioativos e considerável potencial antioxidante. O suco também apresentou uma boa aceitação sensorial. A utilização de enzimas visando ao aumento da extração de suco foi efetiva. Os frutos gabioba mostraram-se adequados para a fabricação de doce em massa tanto em formulações convencionais como nas formulações de valor calórico reduzido. Os doces apresentaram considerável valor nutricional devido à boa retenção de vitamina C, compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante. As formulações de doce em massa e suco elaborados com os frutos da gabioba também apresentaram boa aceitação sensorial, constituindo-se, portanto, em alternativa para agregar valor e incentivar o consumo do fruto.

Palavras-chave: gabioba, *Campomanesia xanthocarpa*, processamento, compostos bioativos, polpa congelada, extração de suco, elaboração de doce em massa.

ABSTRACT

The gabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) is a fruit-bearing tree belonging to the family Myrtaceae native to Brazil. The aim of this study was to evaluate the technological potential of the gabioba fruit, through juice extraction, production of frozen pulp, extraction of pectin from the pulp and oil from the seeds. The fruits were collected in populations of native plants in five communities in the district of Itaiacoca, near the city of Ponta Grossa (PR). An average of three kilograms of fruit per plant were manually harvested from the trees at random positions and orientations, in three different maturation stages, adopting the criterion of predominant color of the skin. The three stages of maturity were characterized as: green (VF), partially mature starting pigmentation (FIP), or mature, considered suitable for consumption, with predominant yellow to orange color (FAL). The physicochemical properties of the fruits were evaluated under these three stages of maturation for the following parameters: pH, total soluble solids (SS), total acidity (TA), chroma a^* , b^* , L^* ; Hue angle ($^{\circ}h$), SS/TA ratio, total sugars and pulp yield (%). Multivariate statistical analysis was performed. It was observed that, although collected from naturally dispersed native plants, the fruits showed well defined characteristics in relation to the maturation stage in which they were collected. Cluster analysis showed the formation of a large group divided into subgroups that showed some degree of similarity based on a set of traits. The results allowed the inference of certain variability between samples collected in different regions. The pulp was obtained from ripe fruit which were selected, classified, sanitized, grinded, centrifuged, packed in sealed polyethylene bags and frozen ($-20 \pm 2^{\circ}C$) for up to 180 days. The pulp samples were evaluated monthly regarding the levels of bioactive compounds including: vitamin C, flavonoids and phenolic compounds, determined by spectrophotometer UV/VIS and carotenoids determined by HPLC (high performance liquid chromatography). To determine the concentrations of calcium, iron, manganese, zinc and copper, atomic absorption spectrophotometry was utilized. A flame photometer was used for the determination of sodium and potassium. The phosphorus content was measured through VIS spectrophotometry. The DPPH and ABTS methods were employed to evaluate the antioxidant potential. Rheometry was performed through HAAKE rheometer RS Rheoestress coupled with a Peltier temperature controller (TC81) with water term circulator DC5B3 sensor using plate-plate PP-35ti. The gabioba pulp showed appreciable amounts of minerals: iron, phosphorus, calcium, potassium, zinc and manganese, and total phenolic compounds ($131.90 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ gallic acid), vitamin C ($313.21 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ascorbic acid) and carotenoids ($290.84 \mu\text{g.g}^{-1}$), 42% of which composed of beta-carotene, the main precursor of vitamin A ($20.61 \mu\text{g.g}^{-1}$ retinol equivalent (RE)). Throughout the storage of the pulp, there was a reduction of approximately 10% in the levels of phenolic compounds, 5.35% of flavonoids and 23.52% of vitamin C. The gabioba pulp showed pseudoplastic behavior with yield stress. The mechanical spectrum of gabioba pulp showed that the storage modulus (G') and loss (G'') were independent of frequency across the range studied. The polysaccharides were extracted from the pulp of ripe fruit in different conditions and extracting agent: (a) distilled water ($26^{\circ}C$); (b) citric acid with different concentrations and temperature (0.5% and 5%/50 $^{\circ}C$ and 100 $^{\circ}C$); and (c) NaOH 2 mol L $^{-1}$ ($26 \pm 2^{\circ}C$). Each fraction of polysaccharides was evaluated for yield, protein content, total sugar and uronic acid content through UV/VIS spectrophotometric techniques. Monosaccharide composition

was determined by gas-liquid chromatography. The degree of esterification was determined by infrared spectroscopy. Rheological properties were determined using a cone-plate sensor C-60 2Ti. It was observed that the yield is proportional to the extraction conditions: time, temperature and extracting agent. Polysaccharide fractions isolated from the pulp consisted mainly of uronic acid, arabinose, rhamnose and galactose in different proportions. The extraction conditions interfered with monosaccharide composition, degree of esterification and gelling power of the polysaccharides. At the concentration of 30g.L^{-1} , the pectin showed pseudoplastic behavior. All fractions of isolated pectins formed gels. All fractions of polysaccharides extracted from gabioba, even those obtained under more drastic conditions, showed characteristic resistance to variations in temperature. The oil obtained from seeds of the gabioba fruits showed significant levels of bioactive compounds and the results of fatty acid contents indicated a high degree of unsaturation. A product rich in oleic and linoleic acids was obtained after extraction with solvent. The juice was obtained through enzymatic treatment of the pulp. The juice was extracted by 2^2 factorial design varying the enzyme concentration and time, setting the temperature of incubation at $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. The juice extracted enzymatically presented good retention of bioactive compounds and considerable antioxidant potential. The juice also showed a good acceptability. The use of enzymes in order to increase extraction of juice was effective in gabioba. The fruits were adequate for making jam in both conventional and reduced calorie formulations. The jam had a considerable nutritional value as high levels of vitamin C, phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity were retained. Both jam and juice made from gabioba had good acceptability and are therefore good alternatives to encourage the consumption adding value to the fruit.

Key-words: gabioba, *Campomanesia xanthocarpa*, processing, bioactive compounds, frozen pulp, juice extraction, jam preparation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	ÁRVORE E FRUTOS DA <i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg	25
FIGURA 2	ESPAÇO DE COR CIELAB	37
FIGURA 3	GABIROBA E PERCENTUAL DE SUAS PARTES.....	69
FIGURA 4	DIAGRAMA DE DISPERSÃO DOS COMPONENTES PRINCIPAIS 1 E 2 PARA OS PARÂMETROS OBSERVADOS EM FRUTOS DE GABIROBA DURANTE O PERÍODO DE AMADURECIMENTO ..	74
FIGURA 5	DENDROGRAMA BASEADO NA DISTÂNCIA EUCLIDIANA MÉDIA E MÉTODO DE AGRUPAMENTO UPGMA DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS DURANTE A MATURAÇÃO DA GABIROBA.....	75
FIGURA 6	PRODUÇÃO DE ETILENO (C_2H_4), NOS FRUTOS DE GABIROBA COLHIDOS ESTÁDIO 1 FRUTO VERDE (FV) DE MATURAÇÃO E ARMAZENADOS A 20 ± 2 °C, COM UMIDADE RELATIVA DE $90 \pm 5\%$	76
FIGURA 7	CURVA DE FLUXO EM DIFERENTES TEMPERATURAS PARA A POLPA DE GABIROBA.....	89
FIGURA 8	EFEITO DA FREQUÊNCIA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO (G') E DE PERDA (G'') PARA A POLPA DE GABIROBA EM FUNÇÃO DA FREQUÊNCIA, NA TEMPERATURA DE 25°C	92
FIGURA 9	CURVAS DE FLUXO (ASCENDENTE E DESCENDENTE) PARA AS FRAÇÕES DOS POLISSACARÍDEOS EXTRAÍDOS DA POLPA DA GABIROBA	96
FIGURA 10	EFEITO DA FREQUÊNCIA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO (G') E PERDA (G''), PARA FRAÇÕES F -H ₂ O (ÁGUA DESTILADA 26°C/ 60 MIN) NA PRESENÇA DE SACAROSE. F1(ÁCIDO CÍTRICO 0,5%/50°C / 60MIN) E F2 (ÁCIDO CÍTRICO 0,5%/100° C/ 60 MIN) NA PRESENÇA DE CÁLCIO E SACAROSE (R=0,58 / 20%). F3 (ÁCIDO CÍTRICO 5%/50°C/ 60MIN) E F4 (ÁCIDO CÍTRICO 5%/100°C/ 60 MIN) NA PRESENÇA DE CÁLCIO E SACAROSE (R=0,58 / 20%). FRAÇÃO NaOH (SOLUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO 2MOL.L ⁻¹ /20°C/ 60 min) NA PRESENÇA	

	CÁLCIO R=0,58/ 20% E SACAROSE	98
FIGURA 11	EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO (G') E PERDA (G'') DAS FRAÇÕES DE POLISSACARÍDEO EXTRAÍDOS DA POLPA DO FRUTO DE GABIROBA: F1, F2 NA PRESENÇA DE CÁLCIO E SACAROSE R=0,58/20%, F3 E F4 NA PRESENÇA DE CÁLCIO E SACAROSE R=0,58/20%. AS FRAÇÕES F-H ₂ O E F- NaOH NA PRESENÇA DE SACAROSE 70%	99
FIGURA 12	PERCENTUAL DE INIBIÇÃO DO RADICAL DPPH EM FUNÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DOS EXTRATOS DAS SEMENTES DA GABIROBA	102
FIGURA 13	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> DOS EXTRATOS PARA O SUCO DE GABIROBA EM TEAC ($\mu\text{Mol.mL}^{-1}$) PARA O MÉTODO DPPH	111
FIGURA 14	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> DOS EXTRATOS PREPARADOS PARA O SUCO DE GABIROBA EM TEAC ($\mu\text{Mol.mL}^{-1}$). PARA O MÉTODO ABTS	112
FIGURA 15	HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DA ANÁLISE SENSORIAL DO SUCO DE GABIROBA, EM RELAÇÃO À FREQUÊNCIA DOS VALORES HEDÔNICOS ATRIBUÍDOS A IMPRESSÃO GLOBAL DAS AMOSTRAS	114
FIGURA 16	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> PARA DOCE EM MASSA DE GABIROBA PELO MÉTODO DPPH TEAC ($\mu\text{M.mL}^{-1}$) PARA EXTRATO AQUOSO E HIDROALCOÓLICO	118
FIGURA 17	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> PARA DOCE EM MASSA DE GABIROBA PELO MÉTODO ABTS TEAC ($\mu\text{M.mL}^{-1}$) PARA EXTRATO AQUOSO E HIDROALCOÓLICO	119
FIGURA 18	EFEITO DA TENSÃO DE CISALHAMENTO (PA) SOBRE A TAXA DE CISALHAMENTO (1/S) NA TEMPERATURA AMBIENTE (25°C) PARA AS FORMULAÇÕES DE DOCE EM MASSA DE GABIROBA	122
FIGURA 19	EFEITO DA FREQUÊNCIA (HZ) SOBRE O MÓDULO DE ARMAZENAMENTO (G') E PERDA G'') PARA AS FORMULAÇÕES	

	DF1 E DF2 DE DOCE DE GABIROBA	124
FIGURA 20	EFEITO DA FREQUÊNCIA (HZ) SOBRE O MÓDULO DE ARMAZENAMENTO (G') E PERDA (G'') PARA AS FORMULAÇÕES DF3 E DF4 DE DOCE DE GABIROBA	125
FIGURA 21	HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DA ANÁLISE SENSORIAL PARA OS DOCES DE GABIROBA, EM RELAÇÃO À FREQUÊNCIA DOS VALORES HEDÔNICOS ATRIBUÍDOS A IMPRESSÃO GLOBAL DAS AMOSTRAS	127

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	EQUAÇÃO CONSTITUTIVA PARA ALGUNS MODELOS REOLÓGICOS E OS VALORES DE τ_0 , k E n PARA ESSES FLUIDOS	44
TABELA 2	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO NA EXTRAÇÃO DO SUCO DE GABIROBA A 50 °C	51
TABELA 3	FORMULAÇÕES DOS DOCES EM MASSA DE GABIROBA.....	52
TABELA 4	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA DA GABIROBA EM TRÊS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO (MÉDIA E DESVIO PADRÃO).....	70
TABELA 5	CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS VARIÁVEIS PARA OS PARÂMETROS OBSERVADOS DURANTE O PERÍODO DE AMADURECIMENTO DA GABIROBA	72
TABELA 6	AUTOVALOR E VARIÂNCIAS TOTAL E ACUMULADA PARA OS COMPONENTES PRINCIPAIS DOS PARÂMETROS OBSERVADOS NA GABIROBA DURANTE O PERÍODO DE AMADURECIMENTO	73
TABELA 7	COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DOS FRUTOS MADUROS DA GABIROBA	78
TABELA 8	TEORES DE MINERAIS PRESENTES NO FRUTO DA GABIROBEIRA E CONTRIBUIÇÃO COM INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA	81
TABELA 9	COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FRUTO RECÉM COLHIDO E DA POLPA DE GABIROBA APÓS O PROCESSAMENTO	82
TABELA 10	VALORES DE LUMINOSIDADE (L^*), COORDENADAS DE CROMATICIDADE (a^* E b^*) E VARIAÇÃO DE COR OCORRIDA (ΔE^*) PARA POLPA DA GABIROBA CONGELADA E ARMAZENADA POR 180 DIAS ($-20\pm 2^\circ\text{C}$)	83
TABELA 11	TEORES MÉDIOS DE VITAMINA C, CAROTENÓIDES TOTAIS, FENÓLICOS TOTAIS E FLAVONÓIDES TOTAIS PARA A POLPA DA GABIROBA DURANTE ARMAZENAMENTO POR 180 DIAS ($-20\pm 2^\circ\text{C}$)	84

TABELA 12	VALORES DE *TEAC DOS EXTRATOS APLICANDO OS MÉTODOS DPPH• E ABTS ⁺ ($\mu\text{Mol Trolox.g}^{-1}$ DE POLPA) 86
TABELA 13	MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS BIOATIVOS E O MÉTODO USADO PARA AVALIAR O POTENCIAL ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> DA POLPA DE GABIROBA CONGELADA DURANTE ESTOCAGEM POR 180 DIAS (- 20 \pm 2°C) 88
TABELA 14	PARÂMETROS REOLÓGICOS E ESTATÍSTICOS OBTIDOS PARA A POLPA DA GABIROBA 90
TABELA 15	RENDIMENTO, GRAU DE ESTERIFICAÇÃO (DE), DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES TOTAL E PROTEÍNAS DAS FRAÇÕES DE POLISSACARÍDEOS DA POLPA DA GABIROBA EM DIFERENTES CONDIÇÕES 93
TABELA 16	COMPOSIÇÃO MONOSSACARÍDICA ¹ DAS FRAÇÕES DE POLISSACARÍDEOS DA POLPA GABIROBA 94
TABELA 17	TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS E CAROTENÓIDES NOS EXTRATOS OBTIDOS DAS SEMENTES DA GABIROBA 101
TABELA 18	POTENCIAL ANTIOXIDANTE PELO METODO ABTS ⁺ TEAC ($\mu\text{Mol.g}^{-1}$) PARA OS EXTRATOS OBTIDOS DAS SEMENTES DA GABIROBA 104
TABELA 19	PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS PRESENTES NO EXTRATO HEXANICODAS SEMENTES DE GABIROBA 105
TABELA 20	EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE ENZIMA E TEMPO DE EXTRAÇÃO SOBRE RENDIMENTO, pH, BRIX E TURBIDEZ NAS AMOSTRAS DE SUCO DO FRUTO GABIROBA 106
TABELA 21	EFEITO DOS FATORES VARIADOS NA OTIMIZAÇÃO EXTRAÇÃO ENZIMÁTICA DO SUCO DE GABIROBA 107
TABELA 22	COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SUCO DE GABIROBA TRATADO ENZIMATICAMENTE E DO CONTROLE SEM TRATAMENTO ENZIMÁTICO 108
TABELA 23	TEORES MÉDIOS DE ÁCIDO ASCÓRBICO, CAROTENÓIDES TOTAIS, FENÓLICOS TOTAIS E FLAVONÓIDES TOTAIS PARA O SUCO DE GABIROBA DURANTE ESTOCAGEM POR 90 DIAS

	SOB TEMPERATURA DE REFRIGERAÇÃO $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 109
TABELA 24	MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS BIOATIVOS E OS MÉTODOS USADO PARA AVALIAR O POTENCIAL ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> DO SUCO DE GABIROBA 113
TABELA 25	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO SUCO DE FRUTOS DE GABIROBA INTEGRAL OBTIDO POR TRATAMENTO ENZIMÁTICO E SUAS FORMULAÇÕES..... 116
TABELA 26	COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS DOCES ELABORADOS COM POLPA DE GABIROBA 117
TABELA 27	MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS BIOATIVOS E OS MÉTODOS USADOS PARA AVALIAR O POTENCIAL ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> DAS FORMULAÇÕES DE DOCE EM MASSA DE GABIROBA 120
TABELA 28	CONSTANTES REOLÓGICAS BASEADAS NO MODELO LEI DA123
TABELA 29	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DAS FORMULAÇÕES DE DOCE EM MASSA DE GABIROBA 126

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

f	Frequência
Hz	Hertz
η	Viscosidade
$\dot{\gamma}$	Taxa de cisalhamento
γ	Deformação
τ	Tensão de cisalhamento (N/m ² ou Pa)
G'	Módulo de armazenamento
G''	Módulo viscoso ou de perda
Pa	Pascal
Pa.s	Pascal. Segundo
%	Por cento
β	Beta
α	Alfa
a*	Intensidade da cor vermelha
b*	Intensidade da cor verde
L*	Luminosidade
ΔE^*	Variação de cor
DPPH	2,2-difenil-1-picril hidrazil
ABTS	Ácido azino- <i>bis</i> -(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidant Capacity
UFC/g	Unidade formadora de colônias por grama de alimento.
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
GLC	Cromatografia líquido gasosa
FT-IR	Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier
DE	Grau de esterificação
ANOVA	Análise de variância
HM	Alto grau de esterificação
LM	Baixo grau de esterificação
RG-I	Ramnogalacturanana do tipo I
RG-II	Ramnogalacturonana do tipo II
R	Relação $[2(\text{Ca}^{+2})/(\text{COO}^-)]$
F1	Fração de polissacarídeo (ácido cítrico 0,5% /50°C /60min)
F2	Fração de polissacarídeo (ácido cítrico 0,5% /100° C/ 60 min)
F3	Fração de polissacarídeo (ácido cítrico 5% /50°C/6 0min)
F4	Fração de polissacarídeo
FH₂O	Fração de polissacarídeo extraído com água 26C/60 min
FNaOH	Fração de polissacarídeo extraído com solução de hidróxido de sódio 2 mol.L ⁻¹ /26°C/ 60 min)
DF1	Doce em massa preparado com polpa e sacarose (1:1);
DF2	Doce em massa preparado com polpa, sacarose, 5% sucralose e pectina
DF3	Doce em massa preparado com polpa, sucralose, pectina, goma xantana, cloreto de cálcio, ácido cítrico
DF4	Doce em massa preparado com polpa, sucralose, pectina, goma xantana, cloreto de cálcio, ácido cítrico.
EAE	Extrato obtido com álcool etílico a 80% (v/v)
EEP	Extrato obtido com éter de petróleo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 OBJETIVO GERAL	22
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
2 REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1 <i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg	24
2.2 FORMAS DE PROCESSAMENTO	26
2.3 IMPORTÂNCIA DOS FRUTOS NA ALIMENTAÇÃO	27
2.4 PRINCIPAIS COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES NOS ALIMENTOS	28
2.4.1 Carotenóides	28
2.4.2 Vitamina C	30
2.4.3 Compostos fenólicos	31
2.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	32
2.5.1 Método DPPH [•]	33
2.5.2 Método ABTS ^{•+}	34
2.6 DESENVOLVIMENTO FISIOLÓGICO DOS FRUTOS	35
2.7 PAREDE CELULAR E POLISSACARÍDEOS	37
2.8 REOLOGIA	40
2.9 ANÁLISE MULTIVARIADA	45
2.9.1 Análise de agrupamento	46
2.9.2 Análise de componentes principais	47
3 MATERIAL E MÉTODOS	48
3.1 MATERIAL	48
3.1.1 Frutos	48
3.1.2 Reagentes	48
3.2 MÉTODOS	49
3.2.1 Preparo da polpa congelada de gabioba	49
3.2.2 Extração dos polissacarídeos da polpa da gabioba	49
3.2.3 Extração do suco de gabioba	50
3.2.4 Elaboração do doce em massa de gabioba	51
3.2.5 Obtenção dos extratos da semente da gabioba	52
3.2.6 Determinação da liberação de etileno da gabioba	53
3.2.7 Caracterização física da gabioba	53

3.2.8 Caracterização físico-química do fruto e produtos elaborados	54
3.2.9 Determinação dos compostos bioativos da gabioba	55
3.2.10 Determinação <i>in vitro</i> do potencial antioxidante	60
3.2.11 Preparo dos extratos para determinação do potencial antioxidante <i>in vitro</i> ..	61
3.2.12 Determinação do teor de minerais	63
3.2.13 Análises reológicas	63
3.2.14 Análises microbiológicas	64
3.2.15 Análise sensorial	65
3.2.16 Caracterização química dos polissacarídeos extraídos da polpa da gabioba	66
3.2.17 Preparação dos géis dos polissacarídeos extraídos da polpa da gabioba para análises reológicas	67
3.2.18 Determinação do perfil de ácidos graxos do óleo extraído da semente da gabioba	67
3.2.19 Análise dos dados	68
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS ASSOCIADA À MATURAÇÃO.....	69
4.2 ANÁLISES DA LIBERAÇÃO DE ETILENO DA GABIROBA	76
4.3 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS NA GABIROBA	77
4.3.1 Análise de minerais	80
4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO - QUÍMICA DA POLPA DE GABIROBA	82
4.4.1 Avaliação colorimétrica da polpa congelada durante o armazenamento	83
4.4.2 Determinação dos compostos bioativos	84
4.4.3 Determinação da atividade antioxidante da polpa congelada da gabioba durante o armazenamento	85
4.4.4 Determinação do perfil reológico da polpa de gabioba	89
4.5 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS POLISSACARÍDEOS EXTRAÍDOS DA POLPA DA GABIROBA	92
4.6 ANÁLISES REOLÓGICAS DOS POLISSACARÍDEOS EXTRAÍDOS DA POLPA DA GABIROBA	95
4.7 COMPOSTOS BIOATIVOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E PERFIL DOS ÁCIDOS GRAXOS DO ÓLEO EXTRAÍDO DAS SEMENTES DA GABIROBA	100
4.7.1 Compostos fenólicos e carotenóides totais	100

4.7.2 Determinação do potencial antioxidante para os extratos da semente da gabioba	101
4.7.3 Determinação do perfil de ácidos graxos encontrados no óleo extraído das sementes da gabioba	104
4.8 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SUCO DE GABIROBA	105
4.8.1 Determinação dos compostos bioativos no suco de gabioba durante o período de armazenamento	109
4.8.2 Determinação do potencial antioxidante pelos métodos ABTS ⁺ e DPPH [•] para o suco extraído dos frutos da gabioba	111
4.8.3 Avaliação sensorial do suco de gabioba	114
4.8.4 Análises microbiológicas do suco de gabioba	115
4.9 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO DOCE EM MASSA DE GABIROBA	116
4.9.1 Potencial antioxidante para pelo método ABTS ⁺ e DPPH [•] para o doce em massa gabioba	117
4.9.2 Análises reológicas das formulações de doce em massa de gabioba	120
4.9.3 Análise sensorial das formulações de doce em massa de gabioba	125
4.9.4 Análise microbiológica das formulações de doce em massa de gabioba	126
5 CONCLUSÕES	128
REFERÊNCIAS	130

1 INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de frutos graças à sua extensão territorial, posição geográfica, solo e condições climáticas. Em virtude dessas condições e das novas tecnologias existentes, é possível produzir frutos praticamente o ano inteiro. Os frutos nativos tropicais têm conquistado a preferência do consumidor, principalmente no que se refere às suas características sensoriais *sui generis*. O Brasil tem ainda grande potencial de expansão, pois existem inúmeros frutos nativos comestíveis que não são aproveitados comercialmente (LAGO; SILVA 2006). A maior parte das espécies frutíferas nativas tem ainda sua exploração baseada quase que exclusivamente em extrativismo nas áreas de ocorrência natural. Não há tecnologias de cultivo e produção para a maioria dessas espécies (MEDAETS *et al.*, 2007).

Os frutos nativos apresentam grande importância, não só pelo potencial tecnológico que apresentam, mas também porque podem contribuir para diversificar a fruticultura de uma determinada região, introduzindo no mercado novas opções para fins comerciais (MARTINS; SANTELLI; FIGUEIRAS, 2006).

Dentre as plantas nativas, as Myrtaceae representam uma das maiores famílias da flora brasileira, com 23 gêneros e aproximadamente 1000 espécies (SOUZA; LORENZI, 2005). Dentre as frutíferas pertencentes à família Myrtaceae está a *Campomanesia xanthocarpa* Berg. Seus frutos são pouco aproveitados, consumidos *in natura* apenas por populações locais, constituindo-se também fonte de alimento para animais silvestres. Embora apresente potencial como fonte nutricional e como matéria prima para a agroindústria de alimentos, dados sobre o cultivo, produção e utilização dessa espécie frutífera na alimentação humana, bem como de sua aplicação industrial, são escassos. No Brasil, a planta *Campomanesia xanthocarpa* Berg, popularmente denominadas gabirobeira, cujos frutos são conhecidos como gabiropa, guabiropa ou guavirova, está presente na região Sul, sendo também encontrada na Argentina, Paraguai e Uruguai (LORENZI, 2002).

O conhecimento das características físico-químicas e tecnológicas dos frutos da *Campomanesia xanthocarpa* Berg representa uma contribuição relevante, visto que poderá incentivar novas atividades econômicas. O aproveitamento dessa matéria prima por meio do processamento para obtenção de polpa congelada, doce em massa e sucos poderá se constituir em fonte de renda alternativa, principalmente

para a agroindústria familiar, pois representa uma nova opção de aroma e sabor para o mercado consumidor, além de contribuir para o uso racional desse recurso natural subaproveitado.

Neste trabalho, o fruto da *C. xanthocarpa* Berg será chamado de gabioba.

1.1 OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa visa obter dados técnico-científicos sobre as características físico-químicas, reológicas e o potencial antioxidante da gabioba, assim como dos produtos elaborados a partir do fruto: doce em massa e suco extraído enzimaticamente.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram delineados:

- caracterizar físico-quimicamente os frutos em três diferentes estádios de maturação;
- monitorar, ao longo do amadurecimento, variações na coloração, no teor de acidez total, teor de sólidos solúveis e na quantidade de etileno liberado, visando identificar o ponto ideal de colheita;
- estabelecer as variáveis de maior influencia no processo de maturação por meio de análise multivariada;
- avaliar a presença de compostos bioativos e atividade antioxidante nos frutos;
- processar os frutos para obtenção de polpa congelada e monitorar alterações no teor de carotenóides, vitamina C e compostos fenólicos na polpa congelada ao longo do período de armazenamento (180 dias);
- caracterizar os polissacarídeos obtidos por extração fracionada da polpa da gabioba e determinar o perfil reológico dos polissacarídeos da polpa da gabioba

- promover a extração de componentes da semente da gabioba por meio de percolação e maceração com solvente de diferentes polaridades;
- avaliar o potencial antioxidante e perfil de ácidos graxos do óleo extraído das sementes da gabioba;
- extrair suco de gabioba por meio de tratamento enzimático da polpa e caracterizar sob os aspectos físico-químicos, microbiológico, sensorial e retenção dos compostos bioativos;
- caracterizar sob os aspectos físico-químico, microbiológico, sensorial e retenção dos compostos bioativos quatro formulações de doce em massa de gabioba.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Campomanesia xanthocarpa* Berg

A gabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) pertence à família Myrtaceae, a mesma da goiabeira, e ao gênero *Campomanesia*, que apresenta 25 espécies distribuídas do México à Argentina, sendo 15 delas nativas do Brasil. As espécies do gênero *Campomanesia* que já foram objeto de estudo nas mais diversas áreas da ciência, também chamadas popularmente de gabioba ou guabioba na região onde estão disseminados, são: *C. adamantium*, *C. aurea*, *C. cambessedeani*, *C. pubescens*, *C. schlechtendalana*, *C. xanthocarpa* Berg e *C. xanthocarpa* var. *littoralis* (LORENZI, 2002).

A espécie *C. xanthocarpa* subdivide-se em duas variedades: *C. xanthocarpa littoralis* e *C. xanthocarpa* Berg. A *littoralis*, de porte arbustivo, varia de 0,20 a 1,50 metros de altura. Suas folhas diferem no tamanho e na consistência e os frutos também, diferem, no tamanho e na cor da casca (verde-clara a amarela), quando maduros. É uma planta comum nos cerrados das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Já a *C. xanthocarpa* Berg, tem porte de árvore de copa densa, alargada, com ramificações irregulares, pode atingir até 20 metros de altura e apresenta 30 a 50 centímetros de diâmetro (Figura 1). O tronco contém caneluras e sapopemas, casca de coloração parda acinzentada, deiscente em tiras delgadas. Suas folhas são simples, opostas, longamente pecioladas e membranáceas. Medem de 3 a 10cm de comprimento por 2,5 a 5cm de largura, possuem ápice agudo ou acuminado e base aguda, às vezes assimétrica. Suas flores são hermafroditas, isoladas, creme-esbranquiçado, axilares e pouco duradouras e se encontram na extremidade de pedúnculos unifloros. Os frutos são bagas globosas de 15 e 40mm de diâmetro, coroados por sépalas persistentes que variam de verde a alaranjado, quando maduros (BIAVATTI *et al.*, 2004).

Planta pouco exigente quanto ao tipo de solo, pode se desenvolver naturalmente em solos pobres em nutrientes. Os frutos das *Campomanesia* se destacam como importante recurso alimentar da fauna, composta por um grande número de pássaros, pequenos mamíferos, peixes e até répteis. Os frutos amadurecem de novembro a dezembro, apresentando formato redondo, exalando aroma adocicado e bastante agradável. Além do consumo *in natura* os frutos da

Campomanesia xanthocarpa Berg podem ser aproveitados como matéria prima para as agroindústrias de alimentos (BIAVATTI *et al.*, 2004).

O nome *Campomanesia* é uma homenagem ao naturalista espanhol Rodrigues de Campomanes e *xanthocarpa* é uma palavra grega que significa fruto (carpos) amarelo (xanthos). É conhecida popularmente como: gabirola, guabirola, gabirola e gabirola-do-mato. Originária da América do Sul, no Brasil a espécie ocorre de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, em quase todas as formações florestais, sendo encontrada também nos cerrados (LORENZI, 2002; HARDER *et al.*, 2004).



FIGURA 1 - ÁRVORE E FRUTOS DA *Campomanesia xanthocarpa* Berg
Fonte: A autora

A floração da gabirola ocorre entre os meses de setembro a outubro na região Sul do Brasil. A frutificação normalmente é em grande quantidade e a época de maturação, depende da região, podendo variar de novembro a janeiro. Produz anualmente grande quantidade de sementes, amplamente disseminadas pela avifauna que ingere seus frutos (LORENZI, 2002). A quantidade produzida depende do tamanho da planta. Não existem dados sobre a produtividade, visto não terem sido encontrados relatos de plantações comerciais de gabirola.

Os frutos podem ser aproveitados em forma de sucos, sorvetes, doces em massa, geléias e ainda, como matéria prima para licores (CARRARA; CARRARA, 1996).

Os frutos de uma maneira geral apresentam vida útil curta devido à sua alta

taxa metabólica. Quando maduros os frutos de gabioba têm um curto período para serem aproveitados, de cinco a sete dias, se armazenados sob refrigeração. Em função desta característica, uma possibilidade para se ter melhor aproveitamento dos frutos frescos é o processamento, que visa não só a obtenção de produtos com características sensoriais e nutricionais próximas ao do fruto *in natura*, bem como microbiologicamente seguros.

2.2 FORMAS DE PROCESSAMENTO

Os frutos podem amadurecer nas plantas, contudo, por motivos tecnológicos e econômicos alguns são colhidos no início da maturação fisiológica, a qual se concluirá durante o transporte ou armazenamento. São os frutos denominados climatéricos que conseguem amadurecer fora da planta mãe. Após a colheita dos frutos, cessa o fornecimento de água e nutrientes pela planta. Contudo, a maturação dos frutos continua, porque ainda prossegue a respiração dos tecidos, assim como reações bioquímicas; síntese de pigmentos e síntese de enzimas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os frutos são matérias primas perecíveis e por isso devem ser processados o mais rapidamente possível após a colheita. Para a industrialização, é necessário adaptar, selecionar variedades e empregar, quando necessário, armazenamento refrigerado, bem como técnicas de processamento apropriadas, a fim de oferecer ao mercado consumidor um produto que satisfaça suas exigências (WILEY, 1997).

A conservação dos frutos é, sob o ponto de vista econômico, um dos processos de maior importância para a indústria. Vários são os métodos de processamento que podem ser empregados para prolongar sua vida de prateleira, destacando-se: conservação pelo calor, pelo frio e pelo controle de umidade (HONG; LEE; KIM, 2007).

Controle de umidade é outro método de conservação de frutos tendo como princípio a eliminação parcial ou total da água do produto, elevando a sua vida útil e facilitando seu transporte (WILEY, 1997).

A conservação de frutos pelo frio através da refrigeração é temporária,

mas tem a vantagem de conservar a textura, bem como as propriedades sensoriais dos produtos (BUENO, 2002). O congelamento, processo aplicado na produção de polpas congeladas de frutos, envolve diversas operações relativamente simples e rápidas tendo a vantagem de oferecer como alternativas aplicações futuras das polpas em diferentes tipos de processamento, entre os quais estão: o preparo de caldas, geléias, doces, sucos concentrados, aromatizantes de iogurtes, bebidas lácteas, bolos, sorvetes, preparados infantis, entre outros. (YAMASHITA; BESSASSI; TONZA, 2003). A polpa congelada pode ser preparada a partir de praticamente todas as variedades de frutos e de algumas hortaliças. Combinações com diferentes tipos de frutas podem ser feitas com bastante vantagem, sendo as que apresentam elevada acidez, o mais indicado as para a combinação, devido ao seu sabor pronunciado. Durante o processamento e estocagem de polpas congeladas podem ocorrer alterações, mas o emprego de alguns recursos tecnológicos favorece a retenção de grande parte dos pigmentos e vitaminas (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

No entanto, a escolha do método para a conservação dos frutos está associada principalmente às características químicas e físicas do fruto, e um monitoramento constante, por meio de controle de qualidade, é extremamente importante para evitar perdas nutricionais.

2.3 IMPORTÂNCIA DOS FRUTOS NA ALIMENTAÇÃO

A dieta habitual fornece, além dos macro e micronutrientes essenciais, alguns compostos químicos, presentes, em sua maioria, em alimentos de origem vegetal, com potente atividade biológica, comprovada por vários pesquisadores (FESKANICH *et al.*, 2000).

Recomendações dietéticas para uma alimentação saudável incluem o consumo de sucos de frutas, em parte, pela presença de antioxidantes naturais, que reduzem a velocidade de iniciação ou podem prevenir a propagação de radicais livres (MURCIA; JIMÉNEZ; MARTÍNEZ-TOME, 2001). Os compostos fenólicos, carotenóides e a vitamina C são compostos encontrados em frutas, com potencial antioxidante (GARDNE *et al.*, 2000).

Os frutos e hortaliças contêm substâncias antioxidantes distintas, cujas atividades têm sido bem comprovadas nos últimos anos. A presença de compostos fenólicos, tais como flavonóides, ácidos fenólicos, antocianinas, além dos já conhecidos vitaminas C, alfa-tocoferol e carotenóides contribuem para os efeitos benéficos destes alimentos (SILVA, 2004).

O estudo dos carotenóides sempre se destacou pela sua importância na alimentação humana como fonte de pró-vitamina A e por sua ação antioxidante, relacionada à diminuição do risco de doenças degenerativas, além do seu uso comercial como corante natural. Os frutos e demais vegetais *in natura* são reconhecidos como as principais fontes de carotenóides (OLSON, 1999).

A vitamina C possui alta disponibilidade biológica e, portanto, é uma importante fonte antioxidante hidrossolúvel nas células, absorvendo eficientemente espécies reativas como radicais peroxila e oxigênio singlete. Algumas pesquisas científicas indicam que pigmentos, como o licopeno e o beta-caroteno, por exemplo, funcionam como antioxidantes naturais e têm capacidade de proteger membranas, DNA e outros constituintes celulares contra danos oxidativos (HUANG; OU; PRIOR, 2005).

Estudos têm demonstrado que polifenóis naturais possuem efeitos significativos na redução do risco de câncer e evidências epidemiológicas demonstram correlação inversa entre doenças cardiovasculares e consumo de alimentos fonte de substâncias fenólicas, possivelmente por suas propriedades antioxidantes (NINFALI, 2005).

2.4 PRINCIPAIS COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES NOS ALIMENTOS

2.4.1 Carotenóides

Os carotenóides são importantes pigmentos naturais, que juntamente com a clorofila são encontrados em todos os organismos capazes de realizar fotossíntese. A composição de carotenóides em frutos é afetada por diversos fatores, como a variedade, grau de maturação, condições edafoclimáticas, formas de cultivo, área

geográfica da produção, condições de colheita, tipo de processamento e armazenamento (SHILLS *et al.*, 2003).

As propriedades físico-químicas, funções e ações dos carotenóides estão intimamente ligadas às suas estruturas. A capacidade de absorver e refletir luz em diferentes comprimentos de onda na região do visível e, conseqüentemente o poder corante dos carotenóides, deve-se ao sistema de duplas ligações conjugadas presente em suas estruturas (NIIZU; RODRIGUEZ-AMAYA, 2005).

À medida que o sistema conjugado vai sendo estendido, a cor também se intensifica; portanto, o licopeno com onze duplas ligações conjugadas, promove a coloração vermelha predominante no tomate e na polpa da melancia. A ciclização coloca as duplas ligações dentro dos anéis, diminuindo a sua coloração (MILLER *et al.*, 1996). Assim, o gama-caroteno, com uma dupla ligação conjugada localizada no anel, é laranja-avermelhado, enquanto o beta-caroteno, com duas destas ligações em anéis, é laranja, cor predominante na polpa da batata doce e da cenoura e nos frutos da gabirola, embora ambos tenham onze duplas ligações conjugadas como o licopeno (RODRÍGUEZ-HUEZO *et al.*, 2004)

A pró-vitamina A, quando ingerida tem a vantagem de ser bioconvertida pelo organismo quando há carência, evitando-se assim a hipervitaminose. A maior parte absorvida beta-caroteno e de outros carotenóides (pró-vitamina A) é convertida a retinol, principalmente na mucosa intestinal, mas também no fígado e outros órgãos (OLSON, 1999). Dentre os mais de 600 carotenóides naturais identificados e presentes na natureza, apenas cerca de 50 possuem a habilidade de serem precursores da vitamina A. O beta-caroteno é o mais ativo com 100% de atividade pro-vitamínica, enquanto gama-caroteno, alfa-caroteno, beta-zeacaroteno, beta-criptoxantina e alfa-criptoxantina apresentam apenas 50% de atividade (RODRIGUEZ-AMAYA, 2000).

A síntese dos carotenóides nos frutos pode ser observada durante o amadurecimento, acompanhada pela perda simultânea da clorofila, à medida que os cloroplastos são convertidos em cromoplastos. Porém, em alguns frutos, os carotenóides podem ser sintetizados antes da fase de amadurecimento, mas sua presença é mascarada pela presença da clorofila (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

As mudanças de coloração nestes frutos são conseqüências da degradação da clorofila, com pouca ou nenhuma formação de carotenóides na fase de amadurecimento. Embora os carotenóides sejam compostos estáveis e permaneçam

praticamente intactos nos tecidos, mesmo quando tenha ocorrido a senescência, sua degradação pode ocorrer em condições adversas de armazenamento (RODRÍGUEZ-HUEZO, *et al.*, 2004).

2.4.2 Vitamina C

A vitamina C foi isolada por volta de 1932 por dois grupos distintos de pesquisadores. Já em 1938 o produto foi sintetizado e a denominação de ácido ascórbico foi oficialmente aceita (LEE; KADER, 2000). É uma vitamina solúvel em água e seu excesso é eliminado pelos rins através da urina. O ácido ascórbico é um composto com seis carbonos, estruturalmente relacionado com a glucose e outras hexoses, sendo reversivelmente oxidado no organismo em ácido deidroascórbico. A degradação oxidativa da vitamina C ocorre tanto em condições aeróbias quanto anaeróbias (GIANNAKOUROU; TAOUKIS 2003).

Entre suas múltiplas funções, o ácido ascórbico tem a capacidade de ceder elétrons, o que lhe confere um papel essencial como antioxidante. Outra importante função é a capacidade de reciclar os tocoferóis (vitamina E), além de ser necessário para a produção e manutenção de colágeno. Participa da hidroxilação da prolina, da oxidação da fenilalanina, da tirosina e na conversão da folacina em ácido tetra-hidrofólico. Também é necessário na redução do ferro-férrico em ferro-ferroso que ocorre no trato intestinal (ROJAS; GERSCHENSON, 1997). Essas características fazem com que, frequentemente, a vitamina C seja recomendada como suplementação alimentar (IVERSEN, 1999). Por não sintetizar a vitamina C e por ser eliminada através da urina e suor, e devido a sua importância, a sua ingestão diária é indispensável para o desenvolvimento e manutenção do organismo humano (ASSUNÇÃO; MARCADANTE, 2003). O ácido L-ascórbico está amplamente distribuído na natureza em altas concentrações, particularmente nos frutos cítricos e nos vegetais verdes (AMARA-MOKRANE *et al.*, 1996).

Os frutos e vegetais são a principal fonte de ácido ascórbico e a necessidade para uma pessoa adulta normal é estipulada em 45 mg.dia⁻¹ (BRASIL, 2005a). Contudo, a recomendação de suplementação dessa vitamina deve ser avaliada especificamente para cada caso, pois existem muitos

componentes orgânicos e inorgânicos nas células que podem modular a atividade da vitamina C, afetando sua ação antioxidante (DUTHIE; ROSS; COLLINS, 1996).

A oxidação da vitamina C, especialmente em solução aquosa, é favorecida por diversos fatores, tais como a presença de oxigênio, íons metálicos como, por exemplo, cobre, prata e ferro, a luz, o pH alcalino e temperaturas elevadas, sendo a presença de oxigênio o fator que mais influencia a degradação da vitamina C (NAGY, 1980; GOLUBITSKII *et al.*, 2007).

2.4.3 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários comumente referidos como polifenóis, presentes na maioria das plantas. Existem mais de 8.000 estruturas fenólicas, desde moléculas simples (ácidos fenólicos com anel C₆) até compostos altamente polimerizados como os taninos (KRIS-ETHERTON, 2002).

Os compostos fenólicos estão largamente distribuídos no reino vegetal, fazendo parte da dieta de forma significativa, através dos frutos e hortaliças, influenciando fortemente em sua qualidade nutricional e sensorial (SCALZO *et al.*, 2005). Diversos autores têm estudado a presença de compostos fenólicos em plantas em razão de sua participação em processos responsáveis pela cor, adstringência e aroma de vários alimentos, da atividade farmacológica e nutricional e da capacidade de inibir a oxidação lipídica e a proliferação de fungos (PELEG; BODINE; NOBLE, 1998).

Segundo Reynerston *et al.* (2008), os frutos são as principais fontes alimentares de compostos fenólicos e apresentam variações dessas substâncias em função de diversos fatores que podem ser intrínsecos, como o tipo de cultivar, a variedade, o estágio de maturação do fruto e extrínsecos, como as condições edafoclimáticas e região geográfica. Entretanto, a eficácia da ação antioxidante depende da concentração destes fitoquímicos no alimento (MELO *et al.*, 2008).

Os compostos fenólicos podem ser classificados em dois grandes grupos: os flavonóides e os não flavonóides, sendo que ambos são compostos de baixa massa

molar. Os flavonóides englobam uma classe muito importante de pigmentos naturais e têm a estrutura química $C_6-C_3-C_6$, sendo que as duas partes da molécula com seis carbonos são anéis aromáticos (AHERNE; O'BRIEN, 2002; BEHLING *et al.*, 2004).

Os flavonóides constituem o mais importante grupo de compostos fenólicos e podem ser classificados nos seguintes subgrupos: antocianinas (cianidina, delfinidina), flavanas (catequina, epicatequina, luteoforol, procianidina, theaflavina), flavanonas (hesperidina, naringenina), flavonas (apigenina, luteolina, diomestina, tangeritina, nobiletina, tricetina), flavonóis (quercetina, rutina, miricetina) e isoflavonóides (daidzeína, genisteína) (HARBORNE; WILLIAMS, 2000; BURNS *et al.*, 2001).

A atividade antioxidante dos flavonóides depende da sua estrutura e pode ser determinada pelos principais fatores: reatividade como agente doador de H e elétrons, estabilidade do radical flavanoil formado, reatividade frente a outros antioxidantes, capacidade de quelar metais de transição, solubilidade e interação com as membranas (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006).

2.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os compostos antioxidantes podem responder de diversas maneiras a diferentes radicais ou fontes oxidantes. Por exemplo, os carotenóides não são particularmente tão bons aprisionadores de radicais peróxidos quanto os compostos fenólicos, mas são excelentes em seqüestrar oxigênio singlete. De qualquer forma, o oxigênio singlete não é um radical e reage por adição nas ligações duplas, formando endo peróxidos, reduzidos a radicais alcóxílicos que iniciam as reações em cadeia (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005).

Em relação à oxidação em cadeia, outra importante definição é a atividade anti-radical livre, determinada pela reatividade de um antioxidante com um radical livre. Os testes para medir a atividade anti-radical livre em alimentos e sistemas biológicos podem ser divididos em dois grupos: métodos diretos e indiretos (ROGINSKY; LISSI, 2005). Os métodos diretos avaliam a peroxidação lipídica nos quais sob condições padronizadas, usa-se um substrato (lipídio, lipoproteína) e mede-se o grau de inibição da oxidação, e aqueles indiretos que medem a habilidade de aprisionar radicais livres.

Os métodos indiretos empregados na avaliação da capacidade antiradical livre de compostos puros e de extratos complexos estão baseados na medida do consumo de radicais livres estáveis, quando é adicionado um agente antioxidante à solução. O decréscimo na concentração do radical livre está relacionado com a habilidade do composto adicionado de capturar radical livre (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005).

Os radicais livres estáveis pré-formados que estão sendo amplamente utilizados, para avaliar o potencial antioxidante são derivados do 1,1'-difeníl-2-picrilidrazilo (DPPH[•]) e do ácido 2,2'-azino-*bis*-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico (ABTS^{•+}) devido à estabilidade e facilidade de manuseio (ROGINSKY; LISSI, 2005).

2.5.1 Método DPPH[•]

A atividade antioxidante de um composto ou extrato pode ser estimada após sua adição em solução alcoólica de DPPH[•] (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995).

O radical DPPH[•] é formado em solução, porém sua solubilização só pode ser feita em meio orgânico, preferivelmente em meio alcoólico. O decréscimo da absorbância ocorre devido ao aprisionamento do DPPH[•] por compostos com ação antioxidante, o que resulta na mudança de coloração de violeta escuro para amarelo (YAMAGUCHI *et al.*, 1998).

Com o decréscimo da absorbância é possível determinar a porcentagem remanescente de DPPH[•], que será proporcional à concentração do antioxidante. Através desta porcentagem será determinada a atividade antiradical livre, que pode ser expressa pelo valor EC₅₀. Este valor é definido como a quantidade de antioxidante necessária para reduzir a concentração inicial de DPPH[•] em 50% (SANCHEZ-MORENO, 2002).

A velocidade da reação de um antioxidante com o DPPH[•] depende da composição química do antioxidante em estudo (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). Compostos como o ácido ascórbico, reagem rapidamente com o DPPH[•], sendo o tempo de reação em torno de 60 segundos para a estabilização da absorbância. Por outro lado, compostos como os tocoferóis reagem em

aproximadamente 30 minutos, e o guaiacol, ainda mais lento, chega a 60 minutos ou mais para a estabilização da absorbância. De acordo com estes resultados, é evidente que a interação entre o composto antioxidante com o DPPH• depende da estrutura química do composto, principalmente do número de grupos hidroxílicos livres (SANCHEZ-MORENO, 2002).

Outro fator importante é verificar a região do visível na qual o radical apresenta maior absorção para evitar interferência. No caso do método DPPH•, isso pode ocorrer, por exemplo, na presença de carotenóides, pois o DPPH• apresenta absorbância máxima a 517nm, região próxima a de maior absorção dos carotenóides. Já no caso do método ABTS^{•+}, o problema é menos sério para carotenóides, pois a absorbância máxima do radical ocorre a 734nm (HALLIWELL, 1995).

2.5.2 Método ABTS^{•+}

O método ABTS^{•+} foi proposto por Miller *et al.* (1996) para ser aplicado em amostras biológicas e desde então tem sido amplamente usado para testar extratos naturais. Atualmente, o teste com ABTS^{•+} é o mais utilizado dentre os métodos indiretos (ROGINSKY; LISSI, 2005). O método se baseia no monitoramento da descoloração do radical cátion ABTS^{•+}, com forte absorção na região de 600 a 750nm, devido à oxidação com substâncias doadoras de hidrogênio, com consequente conversão para a forma ABTS^{•+} não radical, incolor. A referência mais utilizada é o Trolox, sendo o resultado expresso em equivalentes de Trolox, conhecido como capacidade antioxidante equivalente de Trolox ou simplesmente TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) (SANCHEZ-MORENO, 2002).

Rice-Evans, Miller e Paganga (1996) encontraram outra forma para gerar o radical ABTS^{•+} por redução química utilizando dióxido de manganês. Este método foi modificado por Re *et al* (1999), numa forma mais simples, onde o radical é gerado diretamente por persulfato de potássio. Assim, o radical pré-formado ABTS^{•+} gerado pela oxidação do ABTS^{•+} com persulfato de potássio forma um cromóforo verde azulado de cor intensa com absorção máxima a 645, 734 e 815nm, tendo como

principal vantagem poder ser aplicado em sistemas hidrofílicos e lipofílicos (THOMAS *et al.*, 2004).

2.6 DESENVOLVIMENTO FISIOLÓGICO DOS FRUTOS

O desenvolvimento dos frutos ocorre em várias fases: crescimento, maturação, maturidade fisiológica, amadurecimento e senescência. Vários processos são comuns entre as fases, dificultando a distinção entre as mesmas. O desenvolvimento do fruto ocorre normalmente acompanhado por mudanças na coloração. A clorofila decresce nos cloroplastos, enquanto que pigmentos como carotenóides e antocianinas têm seus níveis elevados (WATADA, 1986).

A pré-maturação dos frutos que antecede o amadurecimento compreende à metade do período entre a floração e a colheita. Este estágio é caracterizado pelo extensivo aumento de volume, porém, o fruto ainda não se encontra apto para consumo. Esta fase termina quando o desenvolvimento do fruto é apenas aceitável, mas não ótimo para o consumo (VANDRELL; POLOMER, 1997).

Na fase de amadurecimento, os frutos atingem o crescimento pleno e máxima qualidade do ponto de vista sensorial. Parte deste processo ocorre com o fruto ainda não colhido. No amadurecimento, o fruto torna-se mais palatável, pois, odores específicos se desenvolvem em conjunto com o aumento da doçura e da redução acidez (RHODES, 1980). A fase de amadurecimento cessa quando se inicia a senescência do fruto, período subsequente ao desenvolvimento, quando as reações bioquímicas de envelhecimento substituem as reações que caracterizam o amadurecimento. Nesta fase, a capacidade de síntese do fruto é muito limitada e dentro de um curto espaço de tempo, as transformações tendem à degradação, determinando a perecibilidade do fruto, que pode ocorrer antes ou após a colheita (WILLS *et al.*, 1998). O fruto colhido é um sistema biológico independente, que exibe uma considerável atividade bioquímica, especialmente no processo de respiração.

Durante a fase final do desenvolvimento do fruto, ou amadurecimento, sua respiração pode continuar sem alteração significativa. Porém, em alguns frutos, pode ocorrer um aumento acentuado na respiração. Utilizando como critério a variação da respiração durante o amadurecimento, os frutos são divididos em dois grupos: climatéricos, que apresentam um aumento rápido e significativo da respiração

durante o amadurecimento, e não-climatéricos, os quais apresentam maturação relativamente lenta acompanhada de uma variação pouco significativa da respiração (ARPAIA, 1994).

Não só a etapa de maturação, mas, todo o desenvolvimento vegetal é regulado por fitohormônios. O etileno, apesar de não ser o único fitohormônio a atuar no processo de maturação, é considerado o principal, que é produzido endogenamente, pelas plantas, em concentrações baixas ($0,1\mu\text{L.L}^{-1}$). O etileno pode induzir uma série de respostas fisiológicas, incluindo amadurecimento, senescência e desordens fisiológicas. A redução de no máximo 8% do gás oxigênio no ambiente diminui a produção de etileno pelos frutos. O oxigênio é necessário para a produção e ação do etileno (WATADA, 1986).

O potencial de conservação de um fruto está diretamente relacionado com o conhecimento dos seus processos fisiológicos, com o manejo adequado após sua colheita e com as condições climáticas durante a produção (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Do ponto de vista comercial, o amadurecimento é uma das principais fases do desenvolvimento dos frutos, uma vez que é nesta fase que os mesmos tornam-se atrativos para o consumo, em função de mudanças na coloração, na textura, na concentração de açúcares, no teor de compostos aromáticos, na acidez e no teor de compostos fenólicos (VANDRELL; PALOMER, 1997). O impacto visual gerado pela cor, muitas vezes se sobrepõe ao causado por outros atributos de fruto como os sensoriais e químicos (CARDOSO *et al.*, 2004). A mudança de coloração durante a maturação de muitos frutos é o critério mais utilizado pelo consumidor para julgar sua qualidade. A mudança mais comum consiste no desaparecimento da cor verde, seguido do aparecimento de várias cores que variam do amarelo ao vermelho (AWAD, 1993). Os produtos vegetais apresentam três principais pigmentos: a clorofila, os carotenóides e as antocianinas havendo, em alguns casos, formação de antoxantinas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Estudos têm demonstrado que não só o valor nutricional é importante para a determinação da qualidade dos alimentos, mas também a cor é muito importante devido aos estímulos visuais. O sentido da visão é o primeiro a ser utilizado na escolha de itens alimentares e por isso é um fator decisivo para a escolha de um produto (LIMA *et al.*, 2005).

Com o intuito de obter a caracterização objetiva da cor, a CIE (Commission

Internationale de l'Éclairage), em 1976, estabeleceu o sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$), em que uma cor particular tem uma única localização, especificada numericamente em um espaço tridimensional esférico, definido por três eixos perpendiculares. O eixo L^* (luminosidade) varia do preto (0) ao branco (100); o eixo a^* , do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo b^* , do azul (-b) ao amarelo (+b) (Figura 2) (MCGUIRE, 1992).

A colorimetria tem sido utilizada para caracterizar a cor de diferentes pigmentos, a exemplo das antocianinas, clorofila e carotenóides (MONTES *et al.*, 2005; SINNECKER *et al.*, 2002; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, VICARIO e HEREDIA, 2003), bem como para avaliar a cor de diversos alimentos.

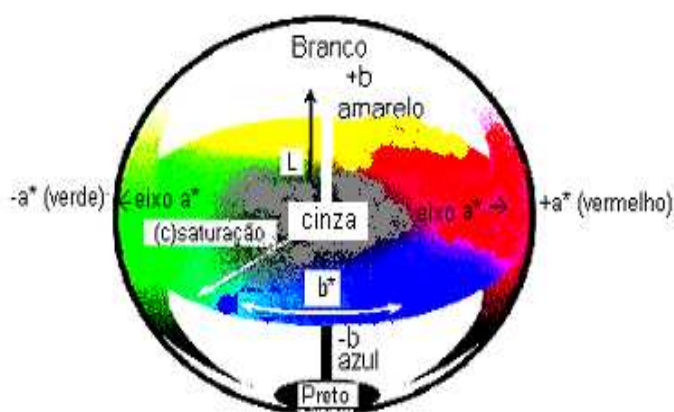


FIGURA 2 - ESPAÇO DE COR CIELAB
FONTE: Hunterlab (1996).

2.7 PAREDE CELULAR E POLISSACARÍDEOS

A parede celular de vegetais superiores é composta majoritariamente por carboidratos, os quais estão associados a proteínas (HELDT, 1997). A fração glicídica consiste de microfibrilas de celulose entrelaçadas em fase contínua de pectinas e hemiceluloses, além da lignina presente em paredes celulares secundárias (CARPITA; GIBEAUT, 1993).

A distribuição destes polímeros na parede celular já deu origem a vários modelos estruturais que foram propostos na tentativa de desvendar a real estrutura da parede celular, que se encontra dividida em primária e secundária. A parede celular primária é encontrada em células jovens, sendo de fundamental importância no processo de expansão celular (REID, 1985).

A parede celular dos vegetais tem função estrutural, proporcionando rigidez e forma, além da função protetora e reguladora do crescimento vegetal. Funciona como uma reserva de precursores que, quando liberados, podem comandar uma série de funções biológicas (ALBERSHEIM *et al.*, 1996).

A parede celular vegetal é uma estrutura dinâmica, sua composição e propriedades são constantemente alteradas durante o desenvolvimento do vegetal. Esta constante mudança determina a composição, forma e a textura do tecido, sendo responsável pela formação final do órgão vegetal (CARPITA; McCANN; GRIFFING, 1996).

A perda de firmeza é um processo que acompanha o amadurecimento de muitos frutos, resultado das mudanças estruturais que ocorrem na parede celular. A parede celular é formada por aproximadamente 90% de polissacarídeos, principalmente celulose, hemiceluloses e pectinas, e 10% de glicoproteínas. Entre os componentes da parede celular, a celulose constitui cerca de 20-30% da matéria seca da parede primária e ocupa cerca de 20% de seu volume. É uma D-glucana em ligações β (1 \rightarrow 4), e está presente tanto em paredes celulares primárias como nas secundárias. As hemiceluloses apresentam uma cadeia principal composta por monossacarídeos piranosídicos com ligações β (1 \rightarrow 4). As hemiceluloses podem se apresentar sob forma fibrosa, compacta ou cristalina (CARPITA; GIBEAUT, 1993).

Os polissacarídeos pécticos são classificados como: homogalacturonana, ramnogalacturonana do tipo I (RG-I) e ramnogalacturonana do tipo II (RG-II). As homogalacturonanas são polissacarídeos constituídos por resíduos de ácido α -D-galacturônico em ligação (1 \rightarrow 4), em geral parcialmente esterificados. A pectina RG-I foi isolada de várias fontes vegetais e apresenta uma cadeia principal composta por unidades repetidas de α -L-Rha-(1 \rightarrow 4) - α -D-Gal A - (1 \rightarrow 2). Cerca da metade das unidades de ramnose são substituídas em O-4 por cadeias laterais constituídas principalmente por galactose e arabinose (DONG; FANG, 2001). A RG-II pode ser obtida por tratamento de parede celular com enzimas específicas. É uma estrutura altamente complexa apresentando uma cadeia principal constituída por unidades de ácido α -D-galacturônico em ligação (1 \rightarrow 4), e cadeias laterais de galactose, arabinose, fucose, ácidos urônicos, além de açúcares raros como apiose, ácido acérico, 2-O-metil-fucose e 2-O-metil-xilose, que são monossacarídeos diagnósticos (MCNEIL; DARVILL; ALBERSHEIM, 1980).

As pectinas constituem cerca da terça parte da matéria seca da parede celular

contribuindo para a adesão entre células, retenção de água e formação de géis, que influencia as propriedades mecânicas da parede celular (VAN BUREN, 1991). As pectinas apresentam propriedades geleificantes, sendo utilizadas desde a antiguidade na produção de geleias de frutas. Devido às interações que estabelecem com a água, são amplamente utilizadas como agente espessante e estabilizante. Localizadas na parede celular primária da maioria das plantas, também são responsáveis pela flexibilidade e força mecânica, devido a sua interação com outros componentes da parede celular (RIDLEY; O'NEILL; MOHNEN, 2001).

Embora as pectinas ocorram naturalmente na maioria dos tecidos vegetais, as fontes utilizadas para extração comercial são limitadas, quase que exclusivamente derivadas de subprodutos das indústrias de frutos cítricos ou de maçã. A qualidade uniforme e consistência estável das pectinas comercializadas variam de acordo com a variedade de frutos, seu grau de maturação e as condições de seu cultivo (TROMP *et al.*, 2003).

A adição de pectinas em alimentos não apresenta restrição, por ser uma substância natural e atóxica (BOTELHO; CONCEIÇÃO; CARVALHO, 2002).

Todas as moléculas de pectina contêm segmentos lineares de ácido galacturônico cujos grupos carboxílicos podem apresentar-se esterificados com metanol (ROLIN, 1993). A proporção de grupos carboxílicos metil-esterificados nas pectinas é expressa como grau de esterificação (DE). Dependendo do grau de esterificação, as pectinas são classificadas em dois grupos: pectinas com alto grau de esterificação (HM) que apresentam DE superior a 50% e pectinas com baixo grau de esterificação (LM) com DE inferior a 50% (VORAGEN, 1995). As pectinas LM são utilizadas na fabricação de geleias dietéticas, leites fermentados, doces de leite, entre outros (ZAINAL *et al.*, 2000). As pectinas HM requerem conteúdo de sólidos solúveis acima de 55% e pH entre 2,0 a 3,5, para formar gel. São normalmente utilizadas em geleias, sucos concentrados, bebidas lácteas acidificadas e sorvetes, entre outras aplicações. O gel se estabiliza por interações hidrofóbicas do grupo éster metílico e por formação de pontes de hidrogênio. A adição de sólidos solúveis (como a sacarose) diminui a atividade e disponibilidade de água livre para solvatar os polissacarídeos, aumentando as interações hidrofóbicas entre os grupos éster metílicos (ROLIN, 1993).

As pectinas com baixo grau esterificação formam géis na presença de cálcio ou de outros íons divalentes. A gelificação é devida à formação de zonas de junções

intermoleculares entre regiões não esterificadas das homogalacturonanas de diferentes cadeias (GARNIER; AXELOS; THIBAUT, 1991). A habilidade de formação de gel sofre influência de vários fatores: do grau de metoxilação, acetilação, pH, temperatura, força iônica e da quantidade de cálcio adicionada. Devido à capacidade de formar géis, as pectinas pertencem a uma classe importante de aditivos na indústria de alimentos (LAPASIN; PRICL, 1995). A grande maioria das aplicações de polissacarídeos, na indústria alimentícia está associada à capacidade de alterar, drasticamente, às propriedades físicas quando em solução, resultando em soluções de alta viscosidade ou criando redes intermoleculares coesivas. Nesses casos, o conhecimento do comportamento reológico das soluções de polissacarídeos é de fundamental importância no projeto, na avaliação e na modelagem de processos. Além disso, as propriedades reológicas, também, são um indicador da qualidade do produto e desempenham um papel fundamental na análise das condições de escoamento em processos de alimentos como pasteurização, evaporação e secagem (MARCOTTE; TAHERIAN; RAMASWAMY, 2001).

2.8 REOLOGIA

O conhecimento das propriedades reológicas da matéria prima utilizada na indústria de alimentos é essencial para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios, pois, diferentes materiais respondem de forma diferente às forças externas a que são submetidos (BARNES; WALTERS, 1985).

Reologia é a ciência que estuda a deformação e o escoamento de materiais, ou seja, o modo como os materiais respondem à aplicação de uma tensão ou deformação. O conhecimento das propriedades reológicas de alimentos é muito importante para o projeto de tubulações e equipamentos, no controle de qualidade, no desenvolvimento de novos produtos, na aceitabilidade por parte do consumidor, e essencial para a compreensão do comportamento estrutural dos produtos (STEFFE, 1996; SCHRAMM, 2006).

Isaac Newton introduziu em 1687 o conceito de viscosidade, especialmente para líquidos, e apresentou hipóteses associadas com o escoamento dos fluidos entre duas placas paralelas. A viscosidade é a medida da resistência ao escoamento entre as camadas de um fluido (RAO; ANANTHESWARAM, 1982). Os fluidos são

caracterizados, quanto ao seu comportamento reológico, em Newtonianos e não-Newtonianos. Os fluidos Newtonianos, em escoamento laminar e regime permanente, apresentam viscosidade constante, ou seja, são caracterizados por uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, como mostrado na equação 1 (HOLDSWORTH, 1993; SCHRAMM, 2006).

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (1)$$

onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

η = viscosidade absoluta ou dinâmica (Pa.s)

$\dot{\gamma}$ = taxa de cisalhamento (s^{-1})

Alguns exemplos de alimentos que apresentam comportamento Newtoniano são os sucos de frutas clarificados, o leite, o óleo refinado e as soluções de sacarose (HOLDSWORTH, 1971).

A tensão de cisalhamento é definida como a razão entre a força (F) necessária para produzir o movimento e a área (A), conforme a equação (2) abaixo:

$$\tau = F/A \quad (2)$$

A viscosidade é definida como a razão entre a tensão de cisalhamento (τ) e a taxa de deformação ($\dot{\gamma}$). O termo viscosidade (η) é geralmente reservado para fluidos Newtonianos. Para fluidos não-Newtonianos, a viscosidade a uma determinada taxa de deformação é denominada “viscosidade aparente” (η_a).

$$\eta_a = \tau / \dot{\gamma} \quad (3)$$

Os fluidos não Newtonianos, que não apresentam viscosidade constante, são classificados em independentes ou dependentes do tempo. Fluidos não Newtonianos independentes do tempo são aqueles cujas propriedades reológicas independem do tempo de aplicação da tensão de cisalhamento. São divididos em dois grupos, os que não necessitam de uma tensão de cisalhamento inicial para começarem a escoar, compreendendo a maior parte dos fluidos não Newtonianos (TORREST, 1982; SCHRAMM, 2006). Dentro desta classe destacam-se os pseudoplásticos (exemplos: sucos e polpas de frutas e hortaliças) que são substâncias que quando estão em repouso, apresentam suas moléculas em um estado desordenado, e quando submetidas a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas tendem a orientar-se na direção da força aplicada. E quanto maior a força aplicada, maior será a ordenação das moléculas e consequentemente, quanto menor a intensidade da força aplicada, menor será a viscosidade aparente. Os fluidos dilatantes (exemplos: suspensão de amido e mel) são substâncias que apresentam um aumento de viscosidade aparente com a tensão de cisalhamento. No caso de suspensões, à medida que se aumenta a tensão de cisalhamento, o líquido intersticial que lubrifica a fricção entre as partículas é incapaz de preencher os espaços devido ao aumento de volume que frequentemente acompanha o fenômeno, ocorre, então, o contato direto entre as partículas sólidas e aumento da viscosidade aparente (RAO; COOLEY, 1992).

O segundo grupo é formado pelos fluidos que necessitam de uma tensão de cisalhamento inicial para começarem a escoar. Dentre os fluidos desta classe se encontram os plásticos de Bingham (exemplos: margarinas e óleos vegetais). Este tipo de fluido apresenta uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, a partir do momento em que se atinge uma tensão de cisalhamento inicial (RAO; COOLEY, 1992).

Os fluidos não Newtonianos dependentes do tempo apresentam propriedades que variam, além da tensão de cisalhamento, com o tempo de aplicação desta tensão, para uma velocidade de cisalhamento constante. Dentro deste grupo destacam-se os fluidos tixotrópicos e reopéticos (SCHRAMM, 2006).

Os tixotrópicos (exemplos: maionese, iogurte) tem sua viscosidade diminuída com o tempo de aplicação da tensão de cisalhamento, voltando a ficar mais viscosos quando a aplicação da tensão de cisalhamento cessa. A diminuição da viscosidade aparente com o tempo de aplicação da tensão de cisalhamento é

também devida à quebra de uma estrutura organizada no fluido. Se deixarmos em repouso durante algum tempo um sistema tixotrópico, a viscosidade aparente aumentará devido à formação de uma estrutura mais organizada das partículas em suspensão que “imobiliza” o líquido entre as partículas. Se, a seguir, submetemos o sistema a cisalhamento, a uma velocidade de agitação constante, a viscosidade aparente decrescerá com o tempo até atingirmos o equilíbrio entre quebra e reconstrução da estrutura (SCHRAMM, 2006).

Os fluidos reopéticos apresentam um comportamento inverso ao dos tixotrópicos. Desta forma, a viscosidade destes fluidos aumenta com o tempo de aplicação da tensão, retornando à viscosidade inicial quando a aplicação da tensão de cisalhamento cessa (RAO; COOLEY, 1992).

As polpas de frutas, dispersões de moléculas ou partículas assimétricas, apresentam no repouso um estado desordenado e quando submetidas a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas ou partículas tendem a orientar-se na direção da força aplicada. Quanto maior a força aplicada, maior será a ordenação, e como consequência disso, menor será a viscosidade aparente. Como a viscosidade aparente da maioria das polpas de frutas decresce com o aumento da tensão de cisalhamento, estas são classificadas como fluidos pseudoplásticos (SUGAI, 2002).

A descrição do comportamento reológico não-Newtoniano é realizada utilizando modelos empíricos capazes de relacionar os dados de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento (HOLDSWORTH, 1971). Estas informações são indispensáveis ao controle de qualidade, controle intermediário em linhas de produção e ao projeto no dimensionamento de equipamentos e processos.

Os modelos frequentemente utilizados para descrever o comportamento não-Newtoniano são: Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Bingham, Casson e Mizrahi-Berk. A Tabela 1 mostra as equações constitutivas para alguns modelos reológicos normalmente utilizados e os valores dos parâmetros τ_0 , k e n para esses fluidos (STEFFE, 1996).

TABELA 1 - EQUAÇÃO CONSTITUTIVA PARA ALGUNS MODELOS REOLÓGICOS E OS VALORES DE τ_0 , k E n PARA ESSES FLUIDOS

MODELO	Equação	τ_0	K	n
Plástico real				
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + k \cdot \gamma^n$	>0	>0	$0 < n < \infty$
Newton	$\tau = k \cdot \gamma$	0	>0	1
Pseudoplástico				
Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)	$\tau = k \cdot \gamma^n$	0	>0	$0 < n < 1$
Plástico de Bingham	$\tau = \tau_0 + k \cdot \gamma$	>0	>0	1
Casson	$\tau^{0,5} = \tau_0 + k \cdot \gamma^{0,5}$	>0	>0	0,5

FONTE: Steffe (1996)

O comportamento reológico da maioria dos fluidos em alimentos pode ser descrito por uma equação do tipo Ostwald-de-Waele (Lei da potência), isso devido ao seu comportamento pseudoplástico (STEFFE, 1996). Muitos alimentos fluidos, além de apresentarem uma relação não-linear entre a tensão e a deformação necessitam de uma tensão residual inicial, para começar a se movimentar. Matematicamente, são modelados pela Lei da Potência acrescido do termo de tensão inicial (τ_0). Esses fluidos são descritos pelo modelo de Herschel-Bulkley (VITALI; RAO, 1984).

Nas dispersões poliméricas, sistemas multifásicos de polímeros-solvente, tais como pastas e géis, são viscoelásticos por apresentarem comportamento híbrido, elástico e viscoso (GIBOREAU; CUVELIER; LAUNAY, 1994). O comportamento reológico dos fluidos viscoelásticos é analisado através de ensaios dinâmicos, onde as amostras normalmente são avaliadas quanto a sua viscosidade e elasticidade sendo submetidas a tensões oscilatórias. Neste tipo de experimentos, avalia-se o comportamento de um fluido ou a “força do gel” através dos valores de (G') módulo de armazenamento ou elástico e (G'') módulo de perda ou viscoso. Se uma substância apresentar-se puramente viscosa, G' será igual a zero e se ela for puramente elástica, G'' será igual a zero, porém a maioria das substâncias apresenta ambos os componentes, G' e G'' (SCHRAMM, 2006).

Quando o módulo elástico (G') é superior ao módulo viscoso (G''), e ambos são independentes da frequência, o material tem caráter de sólido ou gel forte. Um gel fraco apresenta valores maiores para módulo viscoso (G'') em relação ao elástico (G') em baixas frequências e em altas frequências, ocorre uma inversão dos módulos, com G' maior do que G'' . Em soluções diluídas, os valores de G'' são significativamente maiores do que G' em toda a faixa de frequência, especialmente em baixas frequências (SCHRAMM, 2006). Quando são apresentados graficamente os valores obtidos experimentalmente para os módulos de armazenamento (G') e perda (G'') em função da frequência obtém-se o denominado “espectro mecânico”, onde a região de baixas frequências corresponde a grandes intervalos de tempo de observação e vice-versa.

2.9 ANÁLISE MULTIVARIADA

A denominação “Análise Multivariada” corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos (NETO, 2004). Existem vários métodos de análise multivariada, com finalidades bem diversas entre si. Portanto, volta-se ao passo inicial, que é saber que conhecimento se pretende gerar a respeito dos dados obtidos. Os métodos multivariados são escolhidos de acordo com os objetivos da pesquisa, pois sabe-se que a análise multivariada é uma análise exploratória de dados, prestando-se a gerar hipóteses, e não tecer confirmações a respeito dos mesmos, o que seria uma técnica confirmatória, como nos testes de hipótese, nos quais se tem uma afirmação a respeito da amostra em estudo. Embora, às vezes, possa ser utilizada para confirmação dos eventos (HAIR, et al, 2004). Quando o interesse é verificar como as amostras se relacionam, ou seja, o quanto estas são semelhantes, segundo as variáveis utilizadas na pesquisa, destacam-se dois métodos, que podem ser utilizados: a análise de agrupamento hierárquico e a análise fatorial com análise de componentes principais (HAIR et al, 2004).

2.9.1 Análise de agrupamento

A análise de agrupamento engloba uma variedade de técnicas e algoritmos, e tem por objetivo encontrar e separar objetos em grupos similares. A análise de agrupamento estuda todo um conjunto de relações de forma interdependentes. Ela não faz distinção entre variáveis dependentes e independentes, isto é, variáveis do tipo causa e efeito, como na regressão. A finalidade dessa técnica é reunir os objetos (indivíduos, elementos) verificar a existência homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, objetivando propor classificações (REGAZZI, 2001). Muitas vezes, nessa técnica, são feitas afirmativas empíricas, que nem sempre têm respaldo teórico. Muitas técnicas são propostas, mas não há, ainda, uma teoria generalizada e amplamente aceita. Devido a isso, deve-se utilizar outros métodos e comparar os resultados (REGAZZI, 2001).

A análise de agrupamento é um método simples, calcada nos cálculos de distância, no entanto, não requer conhecimento estatístico para a sua aplicação, como é o caso quando se aplica análise de variância, de regressão, ou fatorial. O primeiro caso, análise de agrupamento não requer o uso de um modelo, os demais casos necessitam (MALHOTRA, 2001).

O dendograma também chamado de gráfico em árvore representa uma síntese gráfica do trabalho desenvolvido, sintetizando as informações ocasionando uma pequena perda da mesma, pelo fato de ser uma síntese. Embora aconteça essa perda de informação, esse gráfico é de grande utilidade para a classificação, comparação e discussão de agrupamentos. Há duas formas de se representar um dendograma: horizontal e verticalmente. No dendograma horizontal, as linhas verticais, ou o eixo y, representam os grupos unidos por ordem decrescente de semelhança, e a posição da reta, na escala ou o eixo x, indica as distâncias entre os grupos que foram formados. O dendograma é lido de cima para baixo, quando for feito na forma horizontal (VALENTIN, 2000).

As medidas de distância consideram que, se dois indivíduos são similares, eles estão próximos um do outro, ou seja, eles são comuns ao conjunto de variáveis e vice-versa. O coeficiente de associação pode ser chamado de cálculo da matriz, denominada de matriz de similaridade, ou dissimilaridade, podendo esta ser denominada de matriz de proximidade entre os elementos

observados (similaridade, distância, dependência). Exemplificando, pode-se considerar a distância euclidiana como uma medida de dissimilaridade, e o coeficiente de correlação como uma medida de similaridade (MALHOTRA, 2001).

2.9.2 Análise de componentes principais

A idéia central da análise de componentes principais baseia-se na redução do conjunto de dados a ser analisado, principalmente quando os dados são constituídos de um grande número de variáveis inter-relacionadas. Conforme Regazzi (2001), “procura-se redistribuir a variação nas variáveis (eixos originais) de forma a obter o conjunto ortogonal de eixos não correlacionados”. Essa redução é feita transformando-se o conjunto de variáveis originais em novo conjunto de variáveis que mantém, ao máximo, a variabilidade do conjunto. Isto é, com a menor perda possível de informação. Além disso, esta técnica nos permite o agrupamento de indivíduos similares mediante exames visuais, em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional, de fácil interpretação geométrica. A redução de dimensionalidade é chamada de transformação de karhunen-Loève, ou Análise de Componentes Principal, no qual os autovalores são chamados de principal. Na prática, o algoritmo baseia-se na matriz de variância-covariância, ou na matriz de correlação, de onde são extraídos os autovalores e os autovetores. A análise de componentes principais tem a finalidade de substituir um conjunto de variáveis correlacionadas por um conjunto de novas variáveis não correlacionadas, sendo essas combinações lineares das variáveis iniciais, e colocadas em ordem decrescente por suas variâncias (VERDINELLI, 1980).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 Frutos

As gabiobas foram colhidas em populações de plantas nativas, em cinco comunidades do Distrito de Itaiacoca: Serradinho (Região 1), Roça Velha (Região 2), Lagoa dos Pintos (Região 3), Serrado Grande (Região 4) e Carazinho (Região 5). O distrito está situado próximo ao município de Ponta Grossa (PR), a aproximadamente 975 m de altitude, apresentando como coordenadas geográficas 25° 05' 42" de latitude sul e 50° 09' 43" de longitude oeste, na Região dos Campos Gerais, sudeste do Estado do Paraná. De cada comunidade foram selecionadas dez plantas de onde os frutos foram colhidos manualmente e de forma aleatória em diversas posições e orientações das plantas, em média três quilos de frutos por planta, em três diferentes estádios de maturação, adotando-se o critério de cor predominante da casca. Os três estádios de maturação foram assim caracterizados: estágio de maturação verde (FV), estágio iniciando a pigmentação, meio-maduro (FIP) e maduro considerado adequado para consumo com a coloração predominante da casca amarela/laranjada (FAL). A colheita foi feita entre 20 de dezembro de 2008 e 08 de janeiro de 2009.

3.1.2 Reagentes

Ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico (ABTS), 1,1'-difeníl-2-picrilidrazilo (DPPH^{*}), persulfato de potássio e ácido 6-hidróxido-2,5,7,8-tetrametilcroma-2 carboxílico (Trolox), 2,6-diclorofenolindofenol, reagente de Folin-Ciocalteu e padrões (ácido gálico, ácido ascórbico e ácido galacturônico) foram adquiridos da marca Sigma-Aldrich. Os demais reagentes empregados no desenvolvimento deste trabalho eram de grau analítico, da marca Synth.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Preparo da polpa congelada de gabioba

Aproximadamente seis quilogramas (6kg) de frutos maduros foram selecionados de acordo com a uniformidade de cor, tamanho e ausência de injúrias. A amostra foi sanitizada com hipoclorito de sódio (50ppm durante 15 minutos), seguida de lavagens sucessivas em água potável (ANDRADE; MARTYN, 1996). Após a remoção das sementes, o material foi triturado, homogeneizado em centrífuga (WALITA MASTER, RI3414, SER0326), peneirado e separado em porções de 100g. Em seguida, foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD), com 0,04mm de espessura, fechados hermeticamente, as porções foram submetidas ao congelamento a $-20\pm2^{\circ}\text{C}$. A polpa foi avaliada quanto à composição centesimal e perfis microbiológico e reológico. A polpa de gabioba foi armazenada por 180 dias e monitorada mensalmente quanto aos teores de compostos fenólicos totais, carotenóides totais, flavonóides totais, ácido ascórbico e atividade antioxidante.

3.2.2 Extração dos polissacarídeos da polpa da gabioba

A polpa dos frutos maduros (1500g), sem semente, foi adicionada de água/etanol 1:4 (v/v), triturada em homogeneizador, submetida ao aquecimento sob refluxo por 15 minutos em temperatura de ebulição para inativação de enzimas endógenas, seguido de resfriamento em banho de gelo e filtração em filtro sintético para obtenção do resíduo insolúvel em álcool (RIA), material de partida para extração dos polissacarídeos. O RIA foi submetido à centrifugação por quatro vezes (15400xg por 20min) e desidratado em estufa a vácuo (Q819V-Marca Quimis) até massa constante.

O resíduo insolúvel (RIA) foi primeiramente submetido à extração com água destilada durante 60 minutos a temperatura ambiente ($26\pm2^{\circ}\text{C}$). Em seguida, o material foi filtrado em filtro sintético (poliéster). A fração retida foi utilizada para a extração ácida. O tempo de extração foi de 60 minutos em todos os experimentos, tendo como variáveis a concentração do ácido cítrico (0,5% e 5%) e a temperatura

(50 °C e 100 °C), obtendo-se quatro frações. Após a última extração com ácido cítrico o resíduo insolúvel foi submetido a uma extração alcalina empregando-se uma solução de hidróxido de sódio a 2 mol.L⁻¹, a temperatura ambiente (26±2°C) por 60 minutos.

As extrações foram realizadas em agitador mecânico da marca Fisaton modelo 713. Após cada extração, as dispersões foram centrifugadas a 15400xg por 20 minutos, separando o resíduo, utilizado para as extrações subsequentes. Os polissacarídeos foram precipitados a partir dos sobrenadantes mediante a adição de dois volumes de etanol 95% e mantido sob refrigeração por 24h para precipitação dos polissacarídeos. Após filtração em filtro de poliéster, o material precipitado foi desidratado em estufa a vácuo (Q819V - Marca Quimis) até massa constante, originando a respectiva fração. O rendimento das extrações foi calculado em relação ao resíduo insolúvel em álcool (RIA)

3.2.3 Extração do suco de gabioba

Gabiobas maduras passaram por processos de limpeza e seleção feita de acordo com a uniformidade de cor, tamanho e ausência de injúrias. A amostra foi sanitizada com hipoclorito de sódio (50ppm durante 15 minutos), seguindo-se de lavagens sucessivas com água potável. Em seguida, os frutos inteiros foram triturados, homogeneizados em multiprocessador de alimentos (WALITA MASTER, RI 3414, SER 0326). O suco foi obtido por tratamento enzimático da polpa mediante o uso de enzimas pectinolíticas (Pectinex Ultra SP-L lote KRN 05508) doada pela empresa Novozymes. Antes da extração do suco foram realizados testes preliminares, para estabelecer as melhores condições de extração, seguindo as orientações do fornecedor da enzima. A otimização da extração do suco foi baseada na metodologia descrita por Brasil, Maia e Figueiredo (1995) utilizando dois fatores e dois níveis com um ponto central, tendo como variáveis o tempo e a concentração de enzima, fixando-se a temperatura de incubação em 50°C, conforme a Tabela 2. Os testes foram realizados utilizando-se 100g de polpa em cada ensaio em duplicata.

TABELA 2 - PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO NA EXTRAÇÃO DO SUCO DE GABIROBA A 50 °C

FATORES	NÍVEIS		
	-1	0	+1
Enzima (%)	0,05	0,1	0,15
Tempo (minutos)	60	90	120

Após a extração as amostras foram filtradas em filtro sintético dessorador Brasholanda, malha com abertura de 150µm, obtendo-se o suco despectinizado, envasado em frascos de vidro transparente, fechados hermeticamente e pasteurizado a 90°C por 5 minutos, seguidos de resfriamento.

3.2.4 Elaboração do doce em massa de gabirola

Foram elaboradas quatro formulações de doces em massa de gabirola, sendo uma amostra tradicional e três formulações com valor calórico reduzido. Os seguintes ingredientes utilizados nas formulações dos doces foram: polpa de frutos maduros de gabirola, sacarose, sucralose® (adoçante culinário composto por maltodextrina, sucralose e acesulfame-K), pectina texturizer da CPKelco®, goma xantana, cloreto de cálcio e ácido cítrico. Após a definição das formulações (Tabela 3) e a mistura dos ingredientes, procedeu-se a cocção em tacho de aço inoxidável, até a concentração de sólidos solúveis de 75°Brix para as amostras padrão e DF2 e 50°Brix, para os doces DF3 e DF4.

A metodologia utilizada no preparo dos doces foi a descrita por Jackix (1988). O tempo de cocção das formulações DF1 e DF2 foi de 40 minutos e para DF3 e DF4, 30 minutos. O ponto final de cocção dos doces foi determinado tendo como parâmetro o desprendimento da massa das paredes do tacho quando apresentavam uma massa com textura de corte.

TABELA 3 - FORMULAÇÕES DOS DOCES EM MASSA DE GABIROBA

Ingredientes	DF1 Padrão	DF2	DF3	DF4
Polpa (g)	1000	1000	1000	1000
Sacarose (%)	100	25	-	-
Sucralose (%)	-	5,0	5,0	4,0
Pectina - texturizer (%)	-	1,5	2,4	2,4
Goma xantana (%)	-	-	2,4	3,6
Cloreto de cálcio (%)	-	0,06	0,1	0,1
Ácido cítrico (%)	-	0,5	0,5	0,5

Para o envase foi utilizada a técnica *hot fill*, em embalagens de vidro com tampas metálicas, que foram resfriadas logo após o envase e armazenadas a temperatura refrigeração (GAJAR; BADRIE, 2001).

3.2.5 Obtenção dos extratos da semente da gabioba

Para a obtenção dos extratos as sementes foram retiradas manualmente dos frutos frescos e lavadas com água destilada para remover resíduos de polpas e açúcares solúveis. As sementes foram desidratadas em estufa com circulação de ar (modelo 400/D da marca Nova Ética®), a 35°C por 12 horas e após a secagem foram trituradas em moinho analítico de laboratório (modelo A-11 da marca IKA Works®). O material foi peneirado em peneiras de 60 mesh, e acondicionado em frasco hermético e posteriormente submetido à extração sequencial por percolação e maceração, em extrator de Soxhlet modificado, utilizando solvente com gradiente de polaridade, constituído respectivamente por hexano, clorofórmio, acetato de etila e álcool. O tempo de cada extração foi de seis horas.

3.2.6 Determinação da liberação de etileno da gabioba

A produção de etileno foi determinada por cromatografia gasosa conforme metodologia descrita por Serôdio e Matos (2003). Os frutos foram armazenados em câmara incubadora com temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa de $90\pm 5\%$. Para a quantificação de liberação de etileno, os frutos de gabioba verde pertencentes ao estágio 1 (FV) foram acondicionados em frascos herméticos, de vidro, com capacidade para 250mL, com tampa de metal contendo um septo de silicone. Foram utilizadas cinco repetições, com cerca de 100g de frutos por frasco. Os frascos foram fechados diariamente e ao final de 60 minutos coletaram-se amostras de $1,0\text{cm}^3$ de gás do interior dos mesmos, utilizando-se seringa modelo Gastight, marca Hamilton de $2,5\text{cm}^3$. As amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás Variam[®] CP 3800, equipado com detector de ionização de chama, vaporizador e FID (Flame-Ionization Detector) com temperaturas de 50, 150 e 150°C , respectivamente. O gás de arraste foi o nitrogênio com vazão total de $30\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$. A quantificação foi feita, comparando-se o valor da área da amostra com a área do padrão de concentração conhecida.

3.2.7 Caracterização física da gabioba

Os diâmetros (cm) dos frutos foram determinados com paquímetro tipo Universal Série 125 (quadrimensional). A determinação da massa (g) dos frutos foi determinada em balança da marca GEHAKA Série AUW220D. O rendimento (%) em polpa foi obtido pela razão entre massa (g) do fruto depois da retirada das sementes e massa do fruto inteiro, multiplicado por 100. A densidade foi determinada através da relação massa/volume de 30 frutos de cada estágio de maturação, um a um. Determinou-se a massa (g) dos frutos em balança analítica. Em seguida imergiram-se os frutos em uma proveta com água destilada e verificou-se o volume de água deslocado pelo fruto. Os valores de densidade foram obtidos através da equação: $d = m \text{ (g)} / V \text{ (mL)}$, conforme Brasil (2005b).

A cor foi determinada através de colorímetro Minolta CR-300, com luminosidade D65, com 8mm de abertura. No padrão L^* , a^* e b^* , a coordenada L^*

expressa o grau de luminosidade da cor. A coordenada a^* expressa o grau de variação entre o vermelho e o verde; e a coordenada b^* expressa o grau de variação entre o azul e o amarelo. A tonalidade foi determinada utilizando a equação: ($\text{Hue} = \tan^{-1} \cdot b^* \cdot a^{*-1}$) o qual mostra a localização da cor em um diagrama, aonde o ângulo 0° representa vermelho puro, o 90° representa o amarelo puro, o 180° o verde puro e o 270° o azul. Para quantificação do croma foi aplicada a equação: $\text{croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (HUNTERLAB, 1996). A variação de cor ocorrida durante o armazenamento da polpa foi determinada a partir da equação:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Onde:

ΔE = variação de cor

$$\Delta L = L^*_{\text{(padrão)}} - L^*_{\text{(amostra)}}$$

$$\Delta a = a^*_{\text{(padrão)}} - a^*_{\text{(amostra)}}$$

$$\Delta b = b^*_{\text{(padrão)}} - b^*_{\text{(amostra)}}$$

Para determinar a turbidez foi utilizado o método descrito por Ranganna (1977) modificado por Qin, Xu e Zhang (2005). Uma amostra de 10mL de suco foi centrifugada a 1200xg durante 30 minutos. Após centrifugação o sobrenadante foi submetido à leitura direta em espectrofotômetro UV/VIs no comprimento de 660nm.

3.2.8 Caracterização físico-química do fruto e produtos elaborados

As análises físico-químicas foram realizadas logo após a colheita visando à caracterização dos lotes.

O pH foi determinado através de medida direta em potenciômetro digital da marca Analyser, modelo 300M, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. O teor de sólidos solúveis totais ($^\circ\text{Brix}$) foi determinado através de leitura direta em refratômetro. O teor de acidez titulável foi expresso em ácido cítrico. Para a determinação desses parâmetros nas amostras (polpa, doce e suco) adotou-se a metodologias descritas em Brasil (2005b).

O teor de umidade foi determinado por secagem direta em estufa a 70°C até massa constante, segundo método nº 920.151 da AOAC (1997). Para a

determinação das cinzas as amostras foram carbonizadas em chapa elétrica e, posteriormente, calcinadas em forno mufla a 550°C até massa constante, segundo o método nº 940.26 da AOAC (1997).

O teor de lipídeos foi obtido por extração em Soxhlet, utilizando como solvente éter de petróleo sob refluxo durante seis horas, de acordo com o método nº 968.20 da AOAC (1997). O teor de proteínas foi determinado pela técnica micro-Kjeldahl de acordo com o método nº 920.152 da AOAC (1997).

Os açúcares totais e redutores foram determinados por análise espectrofotométrica empregando-se os métodos fenol-sulfúrico (DUBOIS *et al.*, 1956) e (ácido 3,5 dinitrosalicílico) DNS (MILLER *et al.*, 1959), com leitura nos comprimentos de onda 490nm e 540nm respectivamente. A quantificação da glicose foi conduzida pelo método enzimático de glucose oxidase (GOD) com leitura em 510nm (RAABO; TERKILDSEN, 1960). O teor de fibra alimentar total foi determinado pelo método enzimático-gravimétrico nº 32-07 (AOAC, 2000).

3.2.9 Determinação dos compostos bioativos da gabioba

a) Carotenóides

A análise dos carotenóides do fruto fresco foi realizada seguindo-se a metodologia de Rodriguez-Amaya (2001), com algumas modificações. Para a extração dos carotenóides na amostra pesou-se 3,2g do fruto triturado em processador de alimento. A amostra foi macerada em gral em porcelana com fundo arredondado e áspero, com acetona e Hiflosupercel[®] (Celite[®]). Em seguida, foi feita a filtração a vácuo, utilizando um funil sinterizado (porosidade 2). Este processo foi repetido até que o solvente ficasse incolor ou o resíduo, esbranquiçado. Os carotenóides foram transferidos da acetona para éter de petróleo, em um funil de separação, adicionando o extrato aos poucos até que todo o extrato contendo os carotenóides fosse transferido para o éter de petróleo. A acetona foi removida do meio por meio de sucessivas lavagens com água destilada. Após três ou quatro lavagens, a solução etérea contendo os carotenóides foi recolhida em outro recipiente. Para efetuar a saponificação, ao extrato de pigmentos em éter de petróleo, foi adicionada solução metanólica de KOH 10% contendo 0,1g de butil-

hidroxitolueno (BHT), e a mistura foi deixada por 16h, a temperatura ambiente, no escuro. O álcali foi eliminado por sucessivas lavagens com água, até a obtenção de pH neutro. Após recolhimento da fase superior, foi adicionado sulfato de sódio anidro para retirar vestígios de água do extrato. O extrato foi concentrado em rota-evaporador com temperatura máxima de 35°C. A concentração foi completada em corrente de nitrogênio (KIMURA; RODRIGUEZ-AMAYA, 2002).

Os padrões de alfa e beta-caroteno, licopeno, beta-criptoxantina, luteína e violaxantina foram isolados da cenoura, da polpa de melancia, do mamão formosa, salsinha verde e da acelga respectivamente. Para a extração e isolamento dos carotenóides padrões utilizaram-se 50g de cada matriz e aplicaram-se os mesmos procedimentos descritos para a amostra. A separação dos padrões de carotenóides foi realizada seguindo a metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (2001) em coluna aberta de vidro de 2,5cm de diâmetro e de 25,0cm de altura, contendo no fundo lã de vidro. A coluna foi empacotada com mistura de óxido de magnésio e Hiflosupercel[®] e/ou Celite 545[®] na proporção de 1:1(m/m) ativada durante quatro horas em estufa a 150°C.

A coluna foi encaixada sobre um kitassato e com o auxílio de um bastão plástico, com uma rolha invertida em uma das extremidades, a mistura foi pressionada para baixo, para proporcionar um empacotamento uniforme. Então, colocou-se o conjunto em vácuo moderado durante quatro horas para garantir um melhor empacotamento. Após esse período, colocou-se uma pequena quantidade de sulfato de sódio anidro (2cm) no topo da coluna para reter eventual água residual do extrato. Adicionou-se éter de petróleo até que a coluna ficasse completamente umedecida. Após regulagem do fluxo, foi feita a aplicação do extrato concentrado do padrão. A fase móvel foi constituída de combinações de éter de petróleo, éter etílico (2 e 4%) e acetona (12, 15, 20, 30 e 80%) utilizados para a separação e eluição dos padrões de carotenóides na coluna. Para cada padrão, foi montada uma coluna.

As frações eluídas com éter de petróleo contendo acetona foram particionadas em éter de petróleo e água em funil de decantação, para remoção da acetona. Após a eliminação da acetona o extrato foi filtrado em papel filtro quantitativo contendo sulfato de sódio anidro. O éter de petróleo foi removido do extrato sob fluxo de nitrogênio.

Uma alíquota de cada padrão foi dissolvida em acetona grau cromatográfico e injetada em cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC). Para as análises quantitativas, as separações dos carotenóides foram conduzidas em uma coluna C₃₀ monométrica (Nova-Pak ODS, 300mm x 3,9mm, 4µm de tamanho de partícula) com vazão de 1ml.min⁻¹ e temperatura mantida a 29°C, usando como fase móvel um gradiente linear de acetonitrila/água/acetato de etila partindo de 88:10:2(v/v), atingindo 85:0:15 em 15 minutos e mantendo essa proporção por 30 minutos. As concentrações das soluções padrão foram determinadas espectrofotometricamente de acordo com Davies (1976) e corrigidas de acordo com a pureza obtida para cada um dos padrões, determinado por HPLC (RODRIGUEZ-AMAYA 2001).

A quantificação dos carotenóides no fruto foi realizada por padronização externa, por meio de curvas de calibração construídas com cinco pontos. Para a obtenção dessas curvas, soluções dos padrões isolados foram misturadas em balão volumétrico e o volume foi completado com éter de petróleo, para obtenção de 50mL de mistura final. Então, alíquotas de 1, 2, 3, 4 e 5mL foram tomadas em triplicata, desidratadas sob fluxo de nitrogênio, diluídas em 1mL de acetona grau HPLC e injetadas no cromatógrafo conforme descrito por Rodriguez-Amaya (2001).

O extrato final da amostra da polpa de gabioba, seco sob fluxo nitrogênio, também foi diluído em 1mL de acetona grau HPLC e injetado no cromatógrafo. As áreas dos picos obtidos nos cromatogramas dos padrões, e da amostra da polpa de gabioba, foram integradas automaticamente. A quantificação foi feita, comparando-se o valor da área da amostra com a área do padrão.

O teor de carotenóides totais da polpa, suco e doces foi determinado por espectrofotômetro UV/VIS através interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com padrões de beta-caroteno (Sigma), doado pelo Controle de Qualidade do Laboratório Catarinense da cidade de Joinville.

Para a obtenção da curva de calibração do padrão comercial de beta-caroteno 95% de pureza (Sigma), pesou-se 5,2mg desta substância e diluiu-se em 100mL de éter de petróleo. Desta solução, foi retirada uma alíquota, que foi submetida à varredura no espectrofotômetro para se conhecer o comprimento de onda de máxima absorção do beta caroteno e desta forma, utilizá-lo como parâmetro na leitura dos extratos das amostras.

Posteriormente, a partir da solução concentrada do padrão preparou-se sete amostras diluídas, cada uma, em 25mL de éter de petróleo, com concentrações

variando de 0,4 a 2,8 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$. A equação da reta utilizada para efetuar os cálculos foi $y=0,2807x + 0,006$ com $R^2= 0,9954$.

b) Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado pelo método proposto Terada *et al* (1979) modificado por Massoud e Nejati-Yazdinejad (2007), utilizando dinitrofenilhidrazina (DNPH), tendo o ácido ascórbico como padrão. Para a extração, pesou-se 10g da amostra e acrescentou-se 30mL de ácido oxálico a 0,5% mantendo-se esta mistura em agitador magnético por 10min a temperatura ambiente (28°C), seguido de filtração, e lavagem adicional com 10mL ácido oxálico 0,5%. Em seguida, o filtrado foi transferido para um balão volumétrico de 50mL e mantido no escuro, sob refrigeração. Para quantificar o teor de vitamina C na amostra retirou-se uma alíquota de 1mL e transferiu-se para um tubo de ensaio, acrescentando-se 3mL da solução de ácido oxálico 0,5% (m/v) mais três gotas da solução de 2,6 dicloroindofenol-indofenol de sódio, 1mL da solução de 2,4 dinitrofenilhidrazina e uma gota de tiouréia 10% (m/v) em etanol 50%. Após aquecimento a 37°C por 60 minutos, os tubos foram resfriados e mantidos em banho de gelo, e adicionou-se, vagarosamente, 5mL de ácido sulfúrico a 85%. Os tubos foram deixados em repouso por 30min em banho de gelo, e após esse período a leitura foi feita em espectrofotômetro a 520nm. A curva padrão foi construída utilizando-se todo o procedimento adotado para amostra, a partir da solução padrão de ácido ascórbico (50mg diluído em 50mL de ácido oxálico 0,5%). A equação da curva de padrão do ácido ascórbico foi $y = 0,373x + 0,001$, com coeficiente de correlação $R^2 = 0,9978$.

c) Compostos fenólicos totais

A determinação do teor de compostos fenólicos totais presentes nas amostras foi feita por meio de espectroscopia na região do visível, utilizando o método de Folin Ciocalteu (AOAC, 1980).

Foram adicionados 50mL de etanol a 10g de amostra (fruto inteiro triturado) seguida de agitação em agitador magnético por 20minutos.

Posteriormente, esta mistura foi filtrada em funil de Buchner e o resíduo lavado com pequena porção de etanol. Estas etapas foram realizadas mais duas vezes, com 20mL adicionais de etanol.

Os três filtrados foram reunidos e centrifugados a 2000xg por 20min. O sobrenadante foi retirado e transferido para um balão de 100mL.

Para a quantificação dos compostos fenólicos foi retirada uma alíquota de 100µL desta solução e transferiu-se para balões de 5mL. A esta solução adicionou-se 1mL de água destilada e, posteriormente, 0,2mL do reagente Folin-Ciocalteu. Finalizando, adicionou-se 0,6mL de Na₂CO₃ 20% (m/v) e completou-se o volume com etanol 80% (v/v). Após 60min, a absorbância das amostras foi medida a 760nm. O teor de fenóis totais foi determinado por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com padrões de ácido gálico (50 a 500µg.mL⁻¹) e expressos como mg de ácido gálico por 100g de amostra (mg.100g⁻¹).

A equação da curva de calibração do ácido gálico foi $y = 0,0025x + 0,0802$, com coeficiente de correlação $R^2 = 0,9968$. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

d) Flavonóides

A determinação do teor flavonóides totais presentes nas amostras foi feita por meio de espectrofotômetro UV/VIS, utilizando o método descrito por Dowd (1959) adaptado por Meda *et al.* (2005), fundamentado na formação de um complexo de cor amarela com o cloreto de alumínio. O cátion alumínio forma complexos estáveis com os flavonóides, originando uma coloração amarela que pode ser avaliada através de análise espectrofotométrica. Alíquota de 250µL da amostra (mesmo extrato usado na determinação dos compostos fenólicos totais) foi adicionada de 1,25mL de água destilada e subseqüentemente de 75µL da solução de nitrito de sódio 5%. Após 6 minutos, 150µL da solução de cloreto de alumínio 10% foram adicionados. Aguardou-se 5 minutos para a adição de 500µL de hidróxido de sódio 1mol.L⁻¹ e completou-se o volume para 2,5mL com água destilada. As amostras foram lidas imediatamente em 510 nm. Todos os valores foram expressos como mg de quercetina por 100g de amostra (mg.100g⁻¹). A curva

de calibração construída com padrão de quercetina de 0,5 até 50mg.L⁻¹, foi a seguinte: $y = 0,0518x + 0,6285$ com coeficiente de correlação $R^2 = 0,9980$.

3.2.10 Determinação *in vitro* do potencial antioxidante

a) Método DPPH

A capacidade antioxidante em sequestrar radicais livres foi avaliada utilizando-se o radical estável 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) conforme descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), a partir da solução etanólica de DPPH 0,0278 g.L⁻¹ e solução mãe dos extratos obtidos previamente. Adicionou-se 1800µL de solução etanólica de DPPH em 1mL do extrato ou padrão Trolox (0-15µM). Os tubos foram agitados e incubados a temperatura ambiente por 60 minutos, no escuro. Em seguida, as absorbâncias das amostras foram lidas a 517nm em espectrofotômetro. O etanol foi utilizado como branco. A curva de calibração utilizada para expressar os resultados foi: $y = 0,0104x + 0,0158$ com $R^2 = 0,9919$. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em Trolox Equivalent Antioxidant Capacity - TEAC (µMol.g⁻¹ de amostra).

Por meio da análise de regressão linear entre o percentual de inibição de oxidação e a concentração da amostra, obtiveram-se diferentes equações e coeficientes angulares para os extratos avaliados. Essas equações foram utilizadas para determinar o valor de EC₅₀, calculado pela redução de 50% da concentração inicial de DPPH (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995).

b) Método ABTS⁺•

A determinação da atividade antioxidante pela formação do radical ABTS foi conduzida conforme o método proposto por Re *et al* (1999).

A solução aquosa de ABTS⁺• (0,012g de ácido azino-*bis*-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico diluídos em 3mL de água) foi adicionada à solução de persulfato de potássio (0,007g diluídos em 10mL de água). Esta mistura foi mantida no escuro à temperatura ambiente por 12 horas. Após este tempo, a absorbância foi corrigida para 0,70 (±0,02), medida a 734nm, com a adição de etanol. A 2mL da

solução do radical ABTS^{•+} foram adicionados 20 µL da amostra ou padrão Trolox (0-15 µMol). Como branco foi utilizado etanol. A absorbância foi determinada a 734 nm após sete minutos do início da mistura para a solução padrão de Trolox e para as amostras. Os resultados foram expressos em µMoles equivalentes de Trolox. g⁻¹ de amostra. A curva de calibração utilizada foi: $Y = 0,0005x + 0,00652$ com $R^2 = 0,988$.

3.2.11 Preparo dos extratos para determinação do potencial antioxidante *in vitro*

a) Preparo do extrato hidroalcoólico da polpa e do suco de gabioba

A 10g de amostra foram adicionados 50mL de álcool etílico 80% (v/v) seguido de agitação em agitador magnético por 20 minutos. Posteriormente, esta mistura foi filtrada a vácuo em funil sinterizado (porosidade 2) e lavada com pequena porção de etanol. Estas etapas foram realizadas mais duas vezes com 20mL adicionais de etanol. Os três filtrados foram misturados e centrifugados a 2000xg por 20min, o sobrenadante foi retirado e transferido para um balão de 100mL.

b) Obtenção do extrato éter de petróleo para polpa e suco de gabioba

Pesou-se 20g de amostra e triturou-se em gral em porcelana com fundo arredondado e áspero, com 20mL de acetona e 5g de celite. Em seguida, foi feita a filtração a vácuo, utilizando um funil sinterizado (porosidade 2). Este processo foi repetido até que o solvente ficasse incolor ou o resíduo, esbranquiçado. Os extratos foram transferidos aos poucos para um funil de separação de 500mL contendo 50mL de éter de petróleo. Após cada adição do extrato no funil de decantação foram adicionados 200mL de água destilada, agitou-se o funil e após a separação das fases, a fase inferior composta por água-acetona foi descartada, passando o extrato para o éter de petróleo.

Esta lavagem foi efetuada até que todo extrato fosse transferido para o éter de petróleo. Em seguida foram feitas mais três lavagens com água destilada para que a acetona fosse retirada completamente. Após a remoção da acetona realizou-se a saponificação, adicionando-se ao extrato solução de hidróxido de potássio metanólica a 10% (m/v), na proporção de 1:1 v/v (extrato: solução metanólica) e

mantendo-se em repouso por 16 horas. Após a saponificação foi eliminado o álcali através de sucessivas lavagens do extrato com água destilada em funil de decantação de 500mL até o extrato apresentar pH 7. Após o descarte da água da última lavagem, o extrato etéreo foi recolhido num balão volumétrico fazendo-o passar por funil de analítico de vidro contendo sulfato de sódio anidro para remoção de eventual água residual que ainda estivesse presente no extrato. O extrato foi transferido para um balão volumétrico de 100mL ajustando-se o volume com éter de petróleo.

c) Extrato aquoso das amostras de doce em massa de gabioba

Pesou-se 25g de amostra adicionou-se água na proporção de 1:1m/v (amostra e água) e homogeneizou-se essa mistura em homogeneizador Marconi MA-102 em velocidade quatro durante cinco minutos. Após esse período a amostra foi centrifugada a 18000xg. O precipitado foi novamente adicionado de água para mais uma extração de cinco minutos e posteriormente centrifugado. Este processo foi repetido até que o solvente ficasse incolor ou o resíduo, esbranquiçado. Os sobrenadantes foram reunidos congelados e liofilizados constituindo o extrato aquoso. O extrato liofilizado foi mantido em temperatura de -20°C até o momento da análise.

d) Obtenção do extrato hidroalcoólico das amostras de doce em massa de gabioba

Os extratos alcoólicos foram obtidos com etanol 92°GL a partir de 25g de amostra na proporção 1:1 (solvente e amostra) seguidos de homogeneização, utilizando um homogeneizador Marconi MA-102 em velocidade quatro durante cinco minutos. Após esse período, a amostra foi filtrada em funil de Büchner. O material retido no filtro foi novamente adicionado de álcool para mais uma extração de cinco minutos e posteriormente filtrado. Este processo foi repetido até que o solvente ficasse incolor ou o resíduo, esbranquiçado. O filtrado foi concentrado em rota

evaporador sob pressão reduzida, para eliminação do etanol, a 40°C, liofilizado e mantido em freezer sob temperatura de -20°C até o momento das análises.

3.2.12 Determinação do teor de minerais

Os teores de minerais foram avaliados em amostras trituradas e homogeneizadas, preparadas de acordo com metodologia descrita por Salinas e Garcia (1985), com digestão orgânica por via úmida. Na digestão orgânica, as amostras foram tratadas com uma mistura de ácido nítrico e ácido perclórico, ambos concentrados, em alta temperatura, e os macros e micro elementos presentes foram solubilizados, submetidos a diferentes tratamentos e diluídos para posterior avaliação quantitativa. A quantificação dos elementos foi realizada por espectrofotometria, utilizando-se de curva padrão para cada mineral. Para determinação da concentração de cálcio, ferro, manganês, zinco e cobre, empregou-se espectrofotômetro de absorção atômica (Perkim-Elmer mod. 2380) e gás acetileno. Utilizou-se fotômetro de chama (Micronal B262) para determinação de sódio (589nm) e potássio (768nm).

Para determinação de fósforo foi empregado o método do ácido fósfolípidico com leitura em espectrofotômetro de luz visível (420nm).

Para a comparação dos resultados com as recomendações nutricionais diárias para um indivíduo adulto, foi considerada a IDR (ingestão diária recomendada) de acordo com Brasil (2005a).

3.2.13 Análises reológicas

As análises reológicas foram realizadas em reômetro HAAKE RS 75 Rheoestress, acoplado a um controlador de temperatura *Peltier* (TC81) com termocirculador de água DC5B3. O sensor placa-placa PP-35ti foi utilizado para análise das amostras de doce em massa e polpa. Os géis dos polissacarídeos foram analisados utilizando um sensor cone-placa C-60 2ti.

Inicialmente determinou-se a inércia do aparelho com o sensor a ser utilizado, para descontar os valores das forças centrífugas e centrípetas geradas

durante os experimentos. Este procedimento se repetiu a cada troca de sensor. Durante as análises, a temperatura ambiente foi mantida a 20 ± 1 °C.

Antes da realização das análises reológicas para verificar o comportamento viscoelástico das amostras foi efetuada uma varredura de tensão na frequência de 1 a 10Hz, para verificação da faixa viscoelástica linear e seleção da tensão que seriam empregadas nas análises de varredura de frequência e rampas de temperatura, de modo a preservar a estrutura viscoelástica da amostra. As varreduras de frequência foram conduzidas na tensão pré-selecionada, aumentando a frequência oscilatória com o tempo, na faixa de 0,1-10Hz. As amostras também foram analisadas frente a variações de temperatura com frequência fixa de 1Hz.

Para evitar a evaporação do solvente foi aplicada uma camada de óleo mineral ao redor da placa de análise.

O comportamento das curvas de fluxo para a polpa e as formulações de doce em massa foi ajustado pelos modelos de Lei da Potência e Herschel-Bulkley (HOLDSWORTH, 1971; ABU-JDAYIL *et al.*, 2002), no software ORIGIN 6.0 (Origin Lab Corporation, Massachussets, USA).

3.2.14 Análises microbiológicas

As amostras de polpa, doces em massa e suco foram avaliadas quanto à presença de coliformes fecais, a contagem de mesófilos aeróbios totais e *Salmonella sp* (BRASIL, 2001).

Para a realização das análises, cada amostra foi diluída até a concentração de 10^{-4} . Para se obter tal diluição, foram retirados assepticamente 25g de polpa e adicionadas em erlenmeyer contendo 225mL de água peptonada a 0,1%, obtendo-se assim a diluição 10^{-1} . A partir desta diluição foram preparadas as diluições 10^{-2} até 10^{-4} , pipetando 1mL da diluição anterior e adicionando em 9 mL de solução salina peptonada 0,1%.

A determinação de coliformes foi efetuada através da técnica de semeadura sobre camada com meio de cultura Violet Red Bile a 45 ± 1 °C por 24 h com confirmação em 48 h.

3.2.15 Análise sensorial

A análise sensorial foi avaliada através de testes de preferência e intenção de compra, conforme NBR 12806 de 1993. Esta análise teve como finalidade determinar o índice de aceitação das formulações de doces e suco elaborados com a gabioba. Os julgadores avaliaram as amostras usando escala hedônica estruturada de nove pontos correspondendo a desgostei muitíssimo (1) e gostei muitíssimo (9). O teste sensorial foi conduzido em cabines individuais, contando com a participação de 52 provadores voluntários de ambos os sexos e idades variadas, membros da comunidade universitária que foram selecionados em função do interesse e da disponibilidade de participar da análise sensorial. As amostras foram apresentadas aos provadores de forma monádica e codificadas aleatoriamente com números de três dígitos, em cabines individuais, solicitando-lhes que as analisassem com relação à escala apresentada quanto à qualidade sensorial global. Utilizou-se água mineral sem gás e biscoito de água e sal para limpeza do palato entre a avaliação das amostras.

Para verificar a aceitabilidade do suco, foram preparadas três amostras adicionadas de sacarose até atingirem 12°Brix, 14°Brix e 16°Brix, usando como parâmetro o teor de sólidos solúveis encontrados em amostras comerciais de suco prontos para beber disponíveis no mercado local.

Para a avaliação sensorial, o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas do Setor de Ciências da Saúde/SCS da Universidade Federal do Paraná, registrado no SISNEP com o nº CAAE-0014.0.091.000-10.

3.2.16 Caracterização química dos polissacarídeos extraídos da polpa da gabioba

A determinação do teor de proteínas das frações de polissacarídeos foi conduzida pelo método de Hartree (1972), utilizando-se soluções de albumina bovina (BSA) como padrão, nas concentrações de 20-80 µg.mL⁻¹. As leituras foram efetuadas a 660nm. Todas as análises foram efetuadas em triplicata. A absorbância foi medida em espectrofotômetro UV-VIS *Shimadzu Multispec 1501*.

Para a determinação da composição monossacarídica, os polissacarídeos foram hidrolisados com ácido trifluoracético 2 mol.L^{-1} em tubo hermeticamente fechado, a 100°C em estufa Fanem, modelo Orion com controlador A-HT por cinco horas (ADAMS, 1965). O ácido remanescente foi removido do hidrolisado através de evaporação. Os monossacarídeos resultantes da hidrólise ácida total foram reduzidos com boroidreto de sódio (NaBH_4) durante duas horas para promover a redução dos grupamentos carboxílicos dos monossacarídeos e formar os alditóis (WOLFRON; THOMPSON, 1963). O excesso do agente redutor foi decomposto e os cátions sódio removidos pela adição de resina trocadora de cátions (Lewatit®) na forma ácida. A solução foi filtrada em algodão e após esta etapa o material foi evaporado até a secura, com fluxo de nitrogênio, seguido de três lavagens consecutivas de metanol para remoção do boro remanescente por co-destilação, na forma de borato de trimetila. Os alditóis resultantes foram acetilados pela adição de piridina, que atua como agente catalisador e anidrido acético na proporção de 1:1(v/v) durante aproximadamente 16h em tubo de hidrólise hermeticamente fechado em (27°C) temperatura ambiente (WOLFRON; THOMPSON, 1963). Os acetatos de alditóis foram extraídos com 1mL de clorofórmio. A piridina residual foi complexada com solução aquosa de sulfato de cobre (CuSO_4) a 5% (m/v), sendo assim separada da fase clorofórmica e eliminada por sucessivas e intercaladas lavagens com água destilada e CuSO_4 . A fase clorofórmica contendo os acetatos de alditóis foi coletada, e após secura com fluxo de nitrogênio, a amostra foi ressolubilizada em acetona para análise por cromatografia líquido-gasosa (GLC). As análises por GLC foram efetuadas em cromatógrafo a gás Hewlett Packard modelo 5890 A Série II, com detector de ionização de chama (FID) e injetor à temperatura de 250°C , coluna capilar DB-210 (30m x 0,25mm de diâmetro interno), com espessura de filme de $0,25\mu\text{m}$ a 220°C , e nitrogênio como gás de arraste em fluxo de $2,0\text{mL.min}^{-1}$.

O grau de esterificação das pectinas foi determinado por espectroscopia de infravermelho (FT-IR - Fourier transform-infrared), em espectrofotômetro BOMEM MB -100. Os espectros foram coletados no modo de transmitância e na faixa de números de ondas $4000 - 400\text{cm}^{-1}$, em uma resolução de 4cm^{-1} , 32scans, empregando amostras sólidas pulverizadas. Foram preparadas pastilhas de brometo de potássio 90 :10(m/m) de KBr/amostra. Como branco, foi utilizado pastilha de KBr, para correção da absorção do CO_2 e mistura de ar antes

das análises. As áreas dos picos correspondentes aos grupos carboxílicos esterificados e não esterificados foram obtidas utilizando o software do equipamento. O grau de esterificação foi calculado pela equação: $\text{área COO}^- \text{R} / (\text{área COO}^- \text{R} + \text{área COO}^- \text{H}) \times 100$, com cálculo das áreas das bandas em torno de 1741 e 1635cm^{-1} , correspondentes aos ácidos urônicos esterificados e livres, respectivamente. Para a pesagem dos polissacarídeos e do KBr utilizou-se uma balança analítica Radwag, com precisão de $0,0001\text{g}$ (MONSOOR, 2005).

3.2.17 Preparação dos géis dos polissacarídeos extraídos da polpa da gabioba para análises reológicas

Para a obtenção dos géis utilizados nas análises reológicas os polissacarídeos pulverizados e o açúcar foram dissolvidos em solução de cloreto de sódio a $0,1\text{mol.L}^{-1}$ com agitação por aproximadamente 24 horas à temperatura ambiente ($28 \pm 2^\circ\text{C}$). Após a dissolução, o pH da suspensão foi ajustado para 4,0 e adicionado cloreto de cálcio na relação $[2 (\text{Ca}^{+2}) / (\text{COO}^-)]$ para obter-se a razão $R=0,58$ seguido de aquecimento a 80°C sob agitação por 10 minutos (FU; RAO, 2001). O gel foi mantido refrigerado até o momento da análise.

3.2.18 Determinação do perfil de ácidos graxos do óleo extraído da semente da gabioba

Para análise de perfil de ácidos graxos (fração obtida com hexano) estes foram derivatizados a ésteres metílicos de acordo com metodologia estabelecida pela American Oil Chemists' Society (1983). Para a análise dos ácidos graxos foi utilizado um cromatógrafo a gás, equipado com coluna capilar DB-23 e detector de ionização de chama (GC-FID Shimadzu version 6.41). A programação de temperatura da coluna foi iniciada em 110°C por 2 minutos, aquecida a 4°C min^{-1} até 240°C e mantida em isoterma durante 10 minutos. As temperaturas utilizadas no injetor e no detector foram 230 e 250°C , respectivamente. Os ácidos graxos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção de padrões puros de ésteres metílicos de ácidos graxos com os componentes separados das amostras e a

quantificação foi feita por normalização de área (%). Utilizou-se como padrão uma mistura composta de 37 ésteres metílicos de ácidos graxos de C₄: 0 a C₂₄:1, com pureza entre 99,1 e 99,9%.

3.2.19 Análise dos dados

Os resultados obtidos foram avaliados com o auxílio do programa Microsoft Excel versão 2003, empregando análises de variância (ANOVA) a nível de 5% de significância estatística e a diferença entre as médias foi feita segundo o teste F e teste de Tukey. Os resultados obtidos para os compostos bioativos e potencial antioxidante para polpa durante o período de armazenamento foram submetidos a análise de correlação de Pearson. Para a obtenção dos ajustes dos modelos reológicos foram utilizadas as curvas de fluxos. Os parâmetros estatísticos avaliados para verificar a adequação do modelo foram: coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (χ^2) e soma dos quadrados dos resíduos (SQR). Quanto maior o valor de χ^2 , maior a diferença entre as frequências observadas e previstas pelo modelo. Desta forma, o modelo que melhor se ajusta é aquele com os maiores valores de R^2 e os menores valores de χ^2 e SQR .

Para avaliação das modificações ocorridas nas etapas de amadurecimento da gabioba os dados foram submetidos à análise de agrupamento hierárquico - *Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Average* (UPGMA) e à análise de componentes principais. Para a análise de agrupamento *hierárquico* foi calculada a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade. A contribuição relativa das variáveis foi calculada pela metodologia de Singh (1981) utilizando-se o programa Genes (Cruz, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS ASSOCIADA À MATURAÇÃO

A gabirola é um fruto com polpa suculenta e adocicada de formato arredondado, apresentando em média 16% de semente. A casca do fruto é uma película fina que compreende 17% e a polpa corresponde a cerca de 60% da massa total do fruto. O fruto também possui um cálice persistente que ocupa em média 7% do total do fruto. A constituição percentual das frações dos frutos está esquematizada na Figura 3.

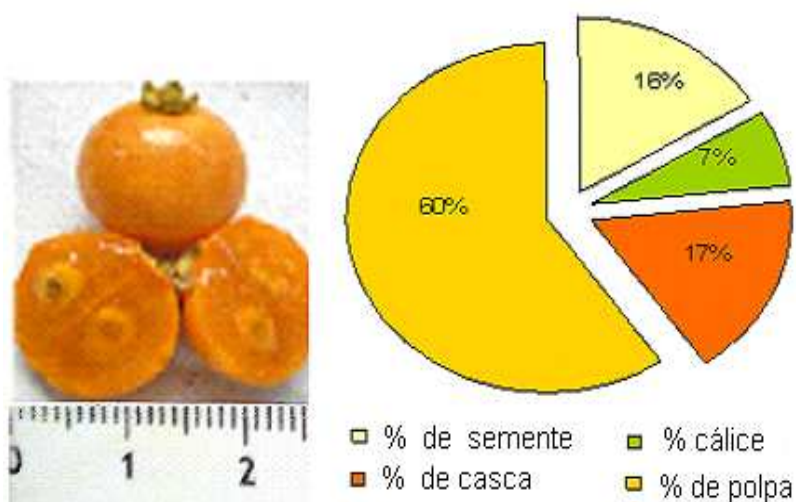


FIGURA 3 - GABIROBA E PERCENTUAL DE SUAS PARTES
FONTE: Autora

O processo fisiológico da maturação é acompanhado de diversas transformações bioquímicas, que influenciam a qualidade da fruta (WAKABAYASHI, 2000). Na Tabela 4 estão apresentadas às características físico-químicas da gabirola nos três diferentes estádios de maturação.

TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA DA GABIROBA EM TRÊS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO (MÉDIA E DESVIO PADRÃO)

Parâmetros avaliados	FV	FIP	FAL
Comprimento (cm)	2,79 ± 0,04 ^a	2,51 ± 0,06 ^b	2,39 ± 0,15 ^c
Diâmetro (cm)	2,80 ± 0,07 ^a	2,53 ± 0,10 ^b	2,39 ± 0,11 ^c
Massa (g)	12,56 ± 0,17 ^a	12,47 ± 0,24 ^a	12,52 ± 0,21 ^a
Densidade aparente (g.cm ⁻³)	0,97 ± 0,02 ^a	0,99 ± 0,01 ^a	1,01 ± 0,03 ^a
pH	3,26 ± 0,06 ^b	3,74 ± 0,03 ^a	3,77 ± 0,16 ^a
Acidez titulável	1,92 ± 0,80 ^a	1,49 ± 0,11 ^b	1,45 ± 0,09 ^b
Sólidos solúveis (°Brix)	8,30 ± 0,23 ^c	10,56 ± 1,61 ^b	13,50 ± 0,35 ^a
SS/AT	4,32 ± 0,11 ^c	7,08 ± 0,38 ^b	9,31 ± 0,26 ^a
Rendimento da polpa (%)	40,49 ± 1,47 ^c	50,16 ± 0,68 ^b	58,32 ± 1,78 ^a

NOTA: FV: fruto verde, FIP: fruto iniciando a pigmentação, FAL: fruto maduro; SS/AT: Relação sólida solúvel/acidez titulável; acidez titulável expressa em mg.100g⁻¹ de ácido cítrico. Médias seguidas por letras iguais, na mesma linha, não diferem ($P>0,05$) entre si, pelo teste Tukey.

As reduções ocorridas no comprimento e no diâmetro durante o período de maturação da gabiropa foram de 6,34% e 5,61%, respectivamente.

Em relação à densidade aparente, os valores médios obtidos situaram-se entre 0,97 e 1,0g.cm⁻³, não ocorrendo diferença estatística entre os estádios de maturação.

Segundo Nogueira *et al.* (2002) a densidade adequada para a colheita de frutos em geral situa-se entre 0,98 e 1,02g.cm⁻³, compatível com os valores encontrado, nos estádios 2 (FIP) e 3 (FAL).

Ocorreu uma pequena oscilação entre os estádios de maturação no valor de pH, sendo significativamente diferente apenas para os frutos no estágio verde, comparado aos demais estádios de maturação.

Observou-se redução na acidez total titulável com o avanço do estágio de maturação. Esse comportamento também foi observado por Herzog *et al.* (2008) quando analisaram a influência dos estádios de maturação e da orientação da radiação solar sobre as características físico-químicas da gabiropa.

Os resultados encontrados para valores de pH e acidez titulável para a gabiropa em diferentes estádios de maturação estão próximos aos encontrados para

pitanga (SANTOS; SILVA; MENDONÇA, 2002). Os valores encontrados para o teor de acidez também são similares aos encontrados por Torrest, Figueiredo e Queiroz (2003) para carambola em diferentes estádios de maturação. Quando a maturação é normal e o fruto se encontra íntegro e sadio, o ácido predominante no fruto praticamente desaparece, sendo a acidez remanescente devida aos ácidos fenólicos como o ácido quínico, ácido clorogênico e ácido neoclorogênico. Ácidos clorogênicos são uma família de ésteres formados por certos ácidos hidroxinâmicos e o ácido quínico (ERCISLI; ORHAN, 2007). A acidez sofre contínuas alterações, além da transformação de protopectinas insolúveis em ácidos pécticos solúveis, resultando em modificações na textura e firmeza do fruto. Ocorrem também, reduções de substâncias como taninos e compostos fenólicos, que conferem ao fruto gosto adstringente (CHUM, 2003), fatores que justificam o sabor agri-doce levemente adstringente da gabi-roba.

Os teores de sólidos solúveis aumentaram com avanço da maturação da gabi-roba, sendo mais acentuado nos estádios de maturação mais avançados o que evidencia o amadurecimento no estágio FIP e sendo este o ponto ideal de colheita da gabi-roba. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) os sólidos solúveis, assim como a acidez, podem ser influenciados por fatores extrínsecos com solo, clima, quantidade de chuva durante o desenvolvimento e época de colheita.

A relação SS/AT apresentou um incremento de 55,63% durante o amadurecimento dos frutos da gabi-robeira. Os resultados encontrados para os parâmetros estudados estão coerentes com os resultados encontrados por Yamanishi *et al.* (2005) em mamão e por Brunini, Oliveira e Varanda (2003) em goiaba.

Foi verificado neste estudo que os frutos da gabi-robeira começam a perder a cor verde ganhando pigmentação amarela aproximadamente 50 dias após a antese, este resultado está próximo ao observado por Silva *et al.* (2009) que relata um aumento no valor de b^* entre os dias 48 e 53 para *Campomanesia pubescens*. Este mesmo autor relata um decréscimo na concentração de clorofila, durante o desenvolvimento do fruto o que influencia a elevação do valor de a^* . Nos frutos da gabi-roba avaliados neste estudo, os valores do ângulo Hue (h°), referentes a tonalidade do fruto verde, passaram de 127,66 na (Região 1), 129,96 (Região 2), 128,56 (Região 3), 128,82 (Região 4) e 127,79 h° (Região 5) para 99,01; 99,65; 99,45; 99,34; e 98,76 h° respectivamente, quando maduros. Já o croma que indica a

intensidade ou saturação da cor predominante no fruto, aumenta à medida que os frutos amadurecem (GÓMEZ *et al.*, 2004).

Para a matriz de dados gerada foi aplicada a análise de componentes principais e a análise hierárquica de agrupamentos. No estudo da contribuição relativa das variáveis a partir da aplicação da metodologia de Singh (1981), as variáveis que mais contribuíram para explicar a variabilidade entre os frutos coletados em três diferentes estádios de maturação, em cinco regiões distintas, foram o rendimento em polpa, com 30,88%, e as variáveis relacionadas à mudança de coloração: ângulo Hue, croma e b^* , com 20,21, 19,31 e 17,74%, respectivamente. O diâmetro, comprimento e acidez não foram importantes para a avaliação da divergência geral entre os frutos de gabioba coletados em três diferentes estádios de maturação em cinco regiões distintas (Tabela 5).

TABELA 5 - CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS VARIÁVEIS PARA OS PARÂMETROS OBSERVADOS DURANTE O PERÍODO DE AMADURECIMENTO DA GABIROBA

VARIÁVEIS	CONTRIBUIÇÃO RELATIVA (%)
Rendimento em polpa (%)	30,88
h°	20,21
Croma	19,31
b^*	17,74
L^*	7,31
a^*	3,36
SS	0,79
SS/AT	0,34
Massa fresca (g)	0,03
pH	0,01
DF (cm)	0
CF (cm)	0
AT (%)	0

NOTA - SS: Sólidos solúveis ($^\circ$ Brix); SS/AT: Relação Sólida Solúveis/Acidez titulável. MF: Massa Fresca (g); DF: Diâmetro do fruto (cm); CF: Comprimento do fruto (cm); AT: Acidez titulável expressa em mg.100g^{-1} de ácido cítrico; Os frutos foram coletados em três diferentes estádios de maturação em cinco regiões distintas.

As variâncias de cada componente, obtidas a partir da análise dos componentes principais para os parâmetros observados para os frutos da gabioba,

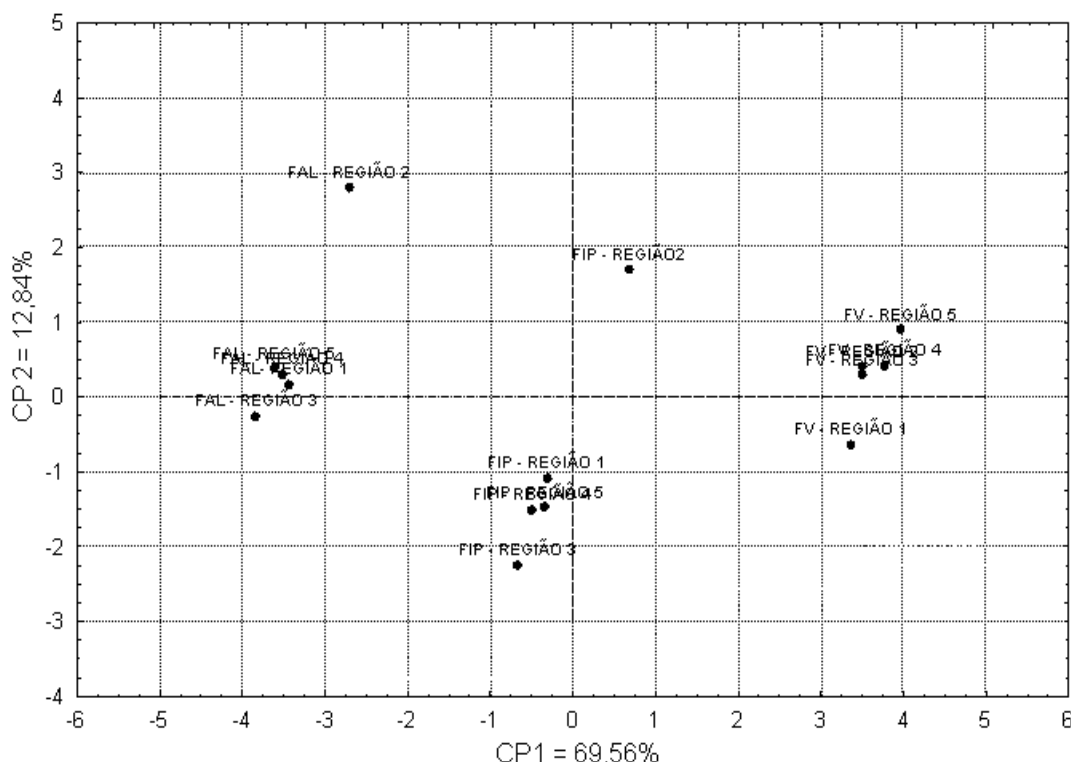
proveniente de cinco regiões distintas, durante o período de amadurecimento, constam na Tabela 6.

TABELA 6 - AUTOVALOR E VARIÂNCIAS TOTAL E ACUMULADA PARA OS COMPONENTES PRINCIPAIS DOS PARÂMETROS OBSERVADOS NA GABIROBA DURANTE O PERÍODO DE AMADURECIMENTO

COMPONENTE PRINCIPAL (CP)	AUTOVALOR	VARIÂNCIA TOTAL (%)	VARIÂNCIA TOTAL
			ACUMULADA (%)
CP1- Rendimento da polpa (%)	9,0432	69,5631	69, 56
CP2 - h°	1,6686	12,8355	82, 39
CP3 - Croma	1,3620	10,4768	92, 87
CP4 - b*	0,8692	6,6861	99, 56
CP5 - L*	0,0306	0,2354	99, 79
CP6 - a*	0,0110	0,0843	99, 88
CP7 - SS	0,0079	0,0605	99, 94
CP8 - SS/AT	0,0037	0,0287	99, 97
CP9 - Massa fresca do fruto (g)	0,0019	0,0148	99, 98
CP10 - pH	0,0012	0,0089	99, 99
CP11 - Diâmetro do fruto (cm)	0,0006	0,0048	99, 99
CP12 - Comprimento do fruto (cm)	0,0001	0,0008	99, 99
CP13 - AT (%)	0,0000	0,0003	100,00

NOTA - SS: Sólidos solúveis (°Brix); SS/AT: Relação Sólida Solúveis/Acidez titulável. MF: Massa Fresca (g); DF: Diâmetro do fruto (cm); CF: Comprimento do fruto (cm); AT: Acidez titulável expressa em mg.100g⁻¹ de ácido cítrico; Os frutos foram coletados em três diferentes estádios de maturação em cinco regiões distintas.

É desejável que a variância acumulada nos dois primeiros componentes principais exceda a 80% (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Contudo, a partir resultados obtidos, pode-se observar que os grupos estão bem definidos quanto ao grau de maturação nas diferentes regiões. Os dois primeiros componentes, extraídos da análise de 13 caracteres morfológicos de 50 amostras de frutos, explicam 82,40% da variabilidade dos dados originais, sendo que o primeiro componente explica 69, 56%, e o segundo explica 12,84% (Figura 4).

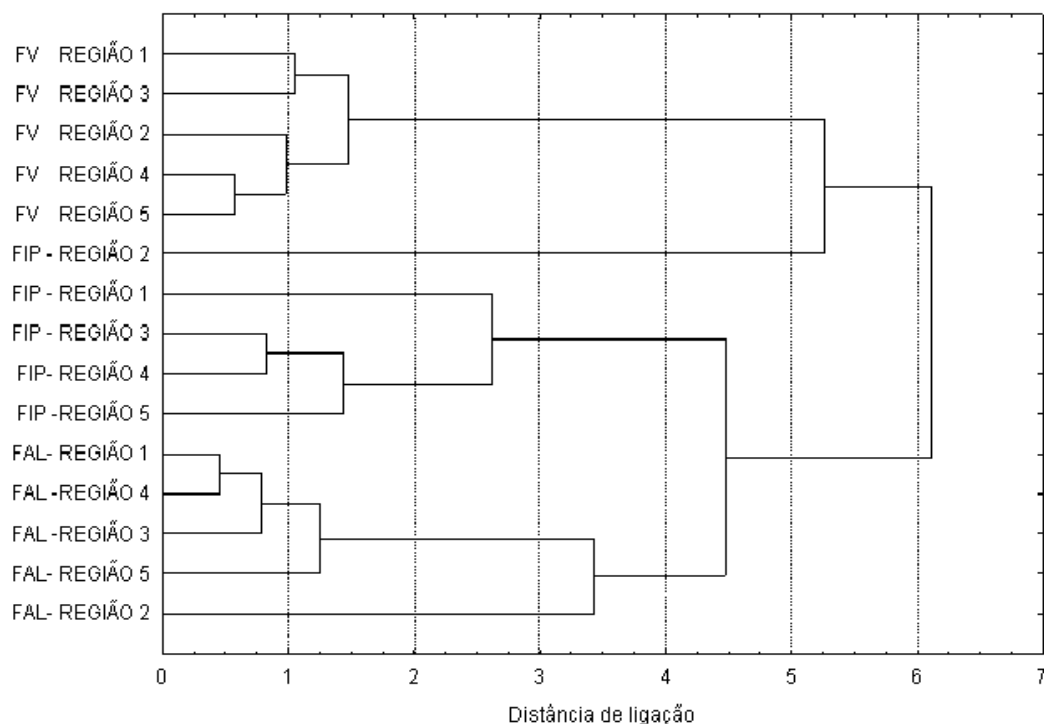


NOTA: 13 variáveis, (50 amostras: 10 plantas por região), coletados em três diferentes estádios de maturação em cinco regiões distintas.

FIGURA 4 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO DOS COMPONENTES PRINCIPAIS 1 E 2 PARA OS PARÂMETROS OBSERVADOS EM FRUTOS DE GABIROBA DURANTE O PERÍODO DE AMADURECIMENTO

A partir dos autovalores associados às variáveis canônicas principais foram obtidos os escores dos três estádios de maturação. Para o primeiro componente principal, as variáveis de maiores contribuições para discriminação dos estádios de maturação foram o croma, seguido pelo ângulo Hue, que foi bem próximo dos valores apresentados pelo pH. A variável que menos contribuiu para explicar a variação entre as amostras foi o rendimento da polpa. No segundo componente principal as variáveis que mais se destacaram, foram a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis. Essas, portanto, seriam as variáveis mais responsivas para CP1 e CP2 nos processos de amadurecimento dos frutos da gabioba. No entanto, quando avaliado o último componente principal, as variáveis que menos contribuíram para o processo seletivo, sendo, portanto, passivas de descarte, foram o diâmetro, a massa e o rendimento em polpa do fruto, podendo ainda observar que o croma permaneceu com maior contribuição em CP13.

Os métodos de análise de agrupamento e de componentes principais mostraram concordância na determinação de similaridade entre a fase de maturação dos frutos estudados, com a formação de três grupos distintos (Figura 5).



NOTA: FAL = Fruto amarelo/laranja coloração predominante da epiderme com mais de mais de 75% de cor característica. FIP = Fruto iniciando a pigmentação, meio-maduro com aproximadamente 50% de cor característica. FV = Fruto verde (FV) com até 25% de cor característica. Os frutos foram coletados em três diferentes estádios de maturação em cinco regiões distintas.

FIGURA 5 - DENDROGRAMA BASEADO NA DISTÂNCIA EUCLIDIANA MÉDIA E MÉTODO DE AGRUPAMENTO UPGMA DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS DURANTE A MATURAÇÃO DA GABIROBA

No dendrograma de similaridade entre os frutos da gabirola pode ser observado que os grupos (FAL-Região 2 e FV- Região1) estão isolados dos demais, confirmando os resultados observados no diagrama de dispersão. Os demais frutos das cinco regiões formam um grande grupo subdividido em subgrupos com algum grau de similaridade entre as amostras, baseada no conjunto de características avaliadas. Os resultados permitem inferir sobre a existência de pequena variabilidade entre os frutos coletados nas diferentes regiões.

Durante a maturação dos frutos ocorre a perda rápida da clorofila e da cor verde dos tecidos. Vários fatores podem atuar isoladamente ou em conjunto, dentre

eles, o pH, influenciado pelo acúmulo de ácidos orgânicos nos vacúolos, sistemas oxidativos e clorofilases (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Devido à degradação da clorofila, ocorre aumento gradativo da intensidade ou saturação da cor predominante, ou seja, do croma, definido pela distância do ângulo Hue ($^{\circ}\text{h}$) do centro do diagrama tridimensional, confirmando que o croma aumenta à medida que os frutos amadurecem em resposta à síntese de carotenóides que aumenta a intensidade da cor amarela (YAMANISHI *et al.*, 2005).

4.2 ANÁLISES DA LIBERAÇÃO DE ETILENO DA GABIROBA

A produção de etileno influencia o processo de amadurecimento dos frutos, influenciando um grande número de mudanças fisiológicas ocorre durante o amadurecimento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No primeiro dia pós-colheita, a gabioba apresentou uma produção de etileno baixa próximo à zero, sendo a maior produção de etileno ($1,95\mu\text{L}$ de etileno. $\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) foi observada no quinto dia após a colheita (Figura 6). Resultados semelhantes foram observados para frutos de araçá-vermelho e amarelo que apresentaram pico de produção de etileno somente após 130 e 170 horas, entre cerca de cinco e sete dias de armazenamento a 20°C (ESPÍDOLA; AMARANTE; SILVEIRA, 2006).



FIGURA 6 - PRODUÇÃO DE ETILENO (C_2H_4), NOS FRUTOS DE GABIROBA COLHIDOS ESTÁDIO 1 FRUTO VERDE (FV) DE MATURAÇÃO E ARMAZENADOS A $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, COM UMIDADE RELATIVA DE $90 \pm 5\%$

A fisiologia após colheita dos frutos da gabioba é similar ao que ocorre em ameixa amarela (ARCHBOLD; POMPER, 2003) e acerola, com elevado pico da taxa respiratória, mas baixa taxa no pico de produção de etileno (CARRINGTON; KING, 2002). Os frutos com essas características sofrem alterações rapidamente após a colheita principalmente na cor, aroma, sabor e textura (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O aumento na produção de etileno ocorreu associado com as mudanças de pigmentação, a diminuição dos teores de acidez e o aumento do teor de sólidos solúveis, sugerindo que a produção de etileno colaborou com essas alterações. Os resultados encontrados sugerem que os frutos da *Campomanesia xanthocarpa* Berg apresentaram um comportamento típico de frutos climatéricos.

Os resultados encontrados neste estudo concordam com os resultados relatados por Silva *et al* (2009) para *Campomanesia pubescens* onde foi observado elevação de sólidos solúveis e pH a partir do 43º dia, e redução da acidez titulável, a partir do 48º dia coincidindo com o climatério respiratório dos frutos. Os resultados de Silva *et al* (2009) corroboram com a hipótese dos frutos da *Campomanesia* serem classificados como climatéricos.

O conhecimento dos processos bioquímicos envolvidos no desenvolvimento de frutos é de extrema importância para a manutenção pós-colheita dos mesmos. A elucidação do funcionamento e da interação entre os diferentes componentes destes processos tem como objetivo ampliar o conhecimento sobre os fatores passíveis de manipulação, controle ou interferência, possibilitando modificações que permitam estender a vida útil (tempo de prateleira) destes frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

4.3 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS NA GABIROBA

A gabioba madura apresentou consideráveis teores de vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos totais (Tabela 7).

TABELA 7 - COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DOS FRUTOS MADUROS DA GABIROBA

PARÂMETROS AVALIADOS	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO
Umidade a 105 °C (g%)	79,14 ± 0,03
Cinzas a 525 °C (g%)	0,68 ± 0,02
Lipídios (g%)	1,31 ± 0,06
Açúcares totais (g%)	7,88 ± 0,60
Açúcares redutores (g%)	6,77 ± 0,22
Glicose (g%)	3,11 ± 0,26
Frutose (g%)	3,67 ± 0,39
Sacarose (g%)	1,11 ± 0,25
Proteínas totais (g%)	1,10 ± 0,04
Fibra alimentar (g%)	9,88 ± 0,08
Vitamina C (mg.100g ⁻¹ AA)	313,21 ± 4,93
Compostos fenólicos totais (mg.100g ⁻¹ AG)	131,90 ± 6,16
Flavonóides totais (mg.100g ⁻¹ QE)	67,97 ± 3,62
Beta caroteno (µg.g ⁻¹)	123,47 ± 2,35
Alfa caroteno (µg.g ⁻¹)	55,61 ± 1,45
Licopeno (µg.g ⁻¹)	0,91 ± 0,07
Beta criptoxantina (µg.g ⁻¹)	93,09 ± 2,91
Luteína (µg.g ⁻¹)	14,92 ± 0,24
Violaxantina (µg.g ⁻¹)	2,84 ± 0,09

NOTA: AG = Ácido Gálico; QE = Quercetina, A.A = Ácido Ascórbico

Os teores encontrados para fibras, cinzas, lipídios e proteínas nos frutos da gabirobeira neste trabalho foram superiores aos valores encontrados por Silva *et al.* (2008) para *Campomanesia cambessedeanana* Berg, fruto nativo do cerrado, também denominado gabioba. Os teores relatados *C. cambessedeanana* Berg para fibra, cinzas, lipídios e proteínas foram, respectivamente: 1,54 ± 0,21; 0,04 ± 0,02; 0,12 ± 0,02 e 0,50 ± 0,04.

No entanto, os resultados encontrados para esses parâmetros foram próximos aos encontrados por Vallilo *et al* (2006) para *Campomanesia adamantium* proveniente do cerrado e superiores aos valores encontrados por esse mesmo autor para os frutos da *Campomanesia xanthocarpa* proveniente da região oeste do Estado de São Paulo.

As variações que ocorrem na composição dos frutos podem ser atribuídas às diferenças de espécies botânicas, assim como ao grau de maturidade dos frutos analisados, à região de coleta, ao clima, ao solo, à estação do ano, entre outros

fatores, que podem contribuir para as alterações de diversas características bioquímicas.

Sob o ponto de vista nutricional, a gabirola pode ser considerada uma boa fonte de vitamina C. Se for considerada a massa média do fruto (12,52g), a ingestão de cerca de dois frutos pode suprir a necessidade diária desta vitamina, pois conforme Brasil (2005a) a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para um adulto é de 45 mg. Uma revisão relacionando estudos epidemiológicos com antioxidantes sugere que a absorção diária de 150mg de vitamina C em associação com outras vitaminas pode estar ligada a menor incidência de acidentes cardiovasculares e de diversos tipos de doenças degenerativas (DIPLOCK *et al.*, 1998). Uma porção de 50g, equivalente a aproximadamente cinco frutos da gabirola, fornece 156mg de vitamina C.

Em um estudo descrito por Angelis (2005), a quercetina é mais eficiente que a vitamina C, como antioxidante. Porém, este autor observa que quando são ministrados juntos (vitamina C e quercetina) esses fitoquímicos apresentam efeito sinérgico apresentando atividade antioxidante mais elevada.

Além da quantidade significativa de vitamina C, esse fruto também apresentou um elevado índice de compostos fenólicos totais, substâncias com propriedades biológicas importantes como: a proteção dos órgãos e tecidos contra o estresse oxidativo e a carcinogênese. Dentre os compostos fenólicos com propriedade antioxidante, destacam-se os flavonóides, que quimicamente englobam as antocianinas e os flavonóis (ESPÍN, 2000).

Os teores de vitamina C, compostos fenólicos e flavonóides encontrados para a gabirola foram superiores aos encontrados por Luximon-Ramma, Baborun e Crozier (2003) para cajá-manga (24mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico; 105mg.100g⁻¹ de ácido gálico e 18mg.100g⁻¹ de quercetina). Esses autores também relataram teores de ácido ascórbico, fenóis totais e flavonóides totais encontrados para carambola (19mg.100g⁻¹; 210mg.100g⁻¹; e 15mg.100g⁻¹, respectivamente) e banana (0,8 mg.100g⁻¹; 12mg.100g⁻¹ e 6mg.100g⁻¹, respectivamente). Estes valores são inferiores aos encontrados para a gabirola.

A gabirola apresentou teor de flavonóides totais superiores aos valores encontrados por Corrêa (2010) em goiaba e araçá, os valores variaram de 10,67mg.100g⁻¹ a 46,82mg.100g⁻¹ em goiabas, enquanto que nos araçás, a variação foi de 16,87mg.100g⁻¹ a 36,33 mg.100 g⁻¹.

Os flavonóides diferem entre si por sua estrutura química e características particulares. Frutas, hortaliças, grãos, flores, chá e vinho são exemplos de fontes destes compostos. A quercetina é o principal flavonóide presente na dieta humana e o seu consumo diário estimado, varia entre 50 e 500 mg (DESCHNER, *et al* 1991).

A deficiência de vitamina A é um problema de saúde pública em vários países em desenvolvimento, inclusive em algumas regiões do Brasil (PRESOTO; ALMEIDA-MURADIAN, 2000). O fruto da gabirobeira apresentou teores de carotenóides totais de $290,84\mu\text{g.g}^{-1}$, sendo 42% desses, de beta-caroteno, 32% de beta criptoxantina e 19,12% alfa-caroteno (Tabela 7). A gabiropa apresentou $20,61\mu\text{g.g}^{-1}$ de vitamina A, referidos como equivalente de retinol (RE). Uma porção média de 30g de frutos (menos de três frutos) supre a ingestão diária recomendada de $600\mu\text{g}$ de RE preconizada por Brasil (2005a).

Segundo Delgado-Vargas *et al.* (2000), a beta-criptoxantina é o carotenóide predominante em muitas frutas de coloração alaranjada como mamão Formosa (KIMURA; RODRIGUEZ-AMAYA, 2002), nectarina (GODOY; RODRIGUEZ-AMAYA, 1998) e pêssego cultivar diamante (SENTANIN; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). Na gabiropa, o beta-caroteno foi o carotenóide predominante, sendo a seguir a beta criptoxantina o segundo carotenóide com maior teor encontrado.

4.3.1 Análise de minerais

Os elementos minerais essenciais são comumente divididos entre macroelementos (cálcio, fósforo, potássio, sódio, magnésio) e micro-elementos (ferro, manganês, zinco). A importância de sua inclusão na dieta tem sido amplamente pesquisada em alimentos como carnes, frutas e hortaliças (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005). Os teores médios dos minerais encontrados na polpa da gabiropa foram expressos em $\text{mg.}100\text{g}^{-1}$ de matéria seca. Com os resultados obtidos, foi possível calcular as contribuições percentuais dos minerais da gabiropa em relação à IDR para um adulto (BRASIL, 2005a), conforme apresentado na Tabela 8.

TABELA 8 - TEORES DE MINERAIS PRESENTES NO FRUTO DA GABIROBEIRA E CONTRIBUIÇÃO COM INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA

MINERAIS AVALIADOS	FRUTO FRESCO (mg.100g)	IDR (mg.dia ⁻¹) *	*IDR (%)
Fósforo	46,43±0,78	700	6,63
Potássio	3,88±0,07	-	-
Sódio	0,39±0,01	-	-
Cálcio	50,26±0,96	1000	5,026
Magnésio	43,01±0,90	260	16,54
Ferro	6,05±0,05	14	43,21
Manganês	0,57±0,03	2,3	24,78
Zinco	2,77±0,02	7	39,57

NOTA: Valores constituem médias ± desvios padrão *(IDR) Ingestão Diária Recomendada para adultos saudáveis (BRASIL, 2005a).

Comparando-se os teores de minerais encontrados na polpa dos frutos da gabirobeira com os encontrados em outros frutos popularmente conhecidos, comercializados e consumidos pela maioria da população verifica-se que o teor de ferro foi superior ao da banana (0,4mg.100g⁻¹) e da maçã (0,1mg.100g⁻¹) (GONDIM, 2005).

O fruto da gabirobeira pode ser considerado como uma boa fonte de ferro 6,05±0,05mg (43,21% IDR) e zinco 2,77±0,02mg (39,57% IDR). O zinco é co-fator de mais de 100 enzimas, participando de diversos processos metabólicos, como crescimento e multiplicação celular, cicatrização e funcionamento dos macrófagos e linfócitos, mas também atua na mobilização hepática da vitamina A e maturação sexual (SANDSTEAD, 1982). O manganês é um componente de muitas enzimas como glutamina sintetase, piruvato carboxilase, e superóxido dismutase mitocondrial. Ele também ativa muitas outras enzimas, além de estar associado à formação dos tecidos conjuntivo e esquelético, crescimento, reprodução e metabolismo de carboidratos e lipídeos (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005). O teor de manganês encontrado no fruto da gabirobeira foi 0,57 ± 0,03 mg (24,78% IDR).

4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO - QUÍMICA DA POLPA DE GABIROBA

Os resultados referentes à composição físico-química das amostras dos frutos maduros e da polpa de gabirola estão apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 - COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FRUTO RECÉM COLHIDO E DA POLPA DE GABIROBA APÓS O PROCESSAMENTO

PARÂMETROS AVALIADOS	FRUTO	POLPA**
Umidade (g%)	79,41 ± 1,42 ^b	79,52 ± 1,23 ^a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	13,50 ± 0,52 ^a	13,85 ± 0,47 ^a
¹ Acidez titulável	1,45 ± 0,04 ^a	1,23 ± 0,32 ^b
pH	3,26 ± 0,03 ^b	3,59 ± 0,19 ^a
Umidade (g%)	79,14 ± 1,12 ^b	79,52 ± 1,23 ^a
Cinzas (g%)	0,68 ± 0,03 ^a	0,48 ± 0,02 ^b
Açúcar total (g%)	7,88 ± 0,78 ^a	7,84 ± 0,65 ^a
Açúcar redutor (g%)	6,77 ± 0,26 ^a	6,59 ± 0,32 ^a
Açúcar não redutos (g%)	1,11 ± 0,03 ^a	1,25 ± 0,02 ^a
Proteína (g%)	1,10 ± 0,02 ^a	0,91 ± 0,01 ^a
Lipídios (g%)	1,31 ± 0,01 ^a	0,93 ± 0,02 ^a
Fibra alimentar (g%)	9,88 ± 0,04 ^a	9,95 ± 0,42 ^a

NOTA: ¹ Acidez Titulável = mg.100g⁻¹ em ácido cítrico. Valores constituem médias de três repetições ± desvios padrão. Linhas com diferentes letras são significativamente diferentes no teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

**Amostra preparada para o congelamento no item 3.2.1.

A polpa da gabirola apresentou elevado teor de umidade (79,52g%), o que segundo Gemtchüjnicov (1976) e Legrand; Klein (1977) é uma das características comuns de frutos da família Myrtaceae, enquadrando-se na classe dos frutos carnosos e suculentos.

O teor de umidade foi o único parâmetro que apresentou variação significativa ($p=0,0203$) entre o fruto e a polpa recém processada. A polpa de gabirola a apresentou teor de açúcar total de 7,84g%, sendo cerca de 80% desses, açúcares redutores. Os teores de sólidos solúveis totais são superiores aos resultados encontrados por Manica *et al.* (1998) para diversas cultivares de goiaba (9,62 a 11,36⁰Brix). Os frutos da gabirola se revelaram ácidos (pH = 3,26 ± 0,034). O valor médio de pH encontrado na polpa da gabirola foi inferior aos valores de pH observados por Manica *et al.* (1998) para polpa de goiabas cujos valores foram 3,97 e 4,16.

Os resultados médios de açúcares redutores observados para polpa de gabioba são próximos aos valores obtidos por Gerhardt *et al* (1997) para cultivares de goiaba Pirassununga vermelha, 6,58g%.

4.4.1 Avaliação colorimétrica da polpa congelada durante o armazenamento

A medida instrumental de cor em um alimento é considerada um método mais simples e rápido comparado à análise química. A alteração de pigmentos é um ponto muito importante no estudo da estabilidade de polpa de fruta congelada.

Ao longo do tempo do período de armazenamento houve decréscimo dos parâmetros L^* , a^* e b^* e aumento na variação da cor da polpa congelada de gabioba ΔE^* (Tabela 10).

TABELA 10 - VALORES DE LUMINOSIDADE (L^*), COORDENADAS DE CROMATICIDADE (a^* E b^*) E VARIAÇÃO DE COR OCORRIDA (ΔE^*) PARA POLPA DA GABIROBA CONGELADA E ARMAZENADA POR 180 DIAS ($-20\pm 2^\circ\text{C}$)

TEMPO ARMAZENAMENTO (DIAS)	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	$57,56\pm 0,03^a$	$12,68\pm 0,05^a$	$41,53\pm 0,02^a$	-
30	$57,53\pm 0,02^a$	$12,03\pm 0,04^b$	$38,41\pm 0,04^b$	$1,13\pm 0,02^f$
60	$56,96\pm 0,04^b$	$10,18\pm 0,04^c$	$38,26\pm 0,11^c$	$2,06\pm 0,08^e$
90	$56,97\pm 0,08^b$	$9,96\pm 0,03^c$	$36,74\pm 0,03^d$	$3,23\pm 0,03^d$
120	$56,03\pm 0,05^c$	$9,46\pm 0,07^d$	$36,76\pm 0,03^d$	$4,01\pm 0,05^c$
150	$55,98\pm 0,12^c$	$9,41\pm 0,02^e$	$36,33\pm 0,22^d$	$4,32\pm 0,08^b$
180	$54,60\pm 0,09^d$	$9,36\pm 0,14^e$	$35,96\pm 0,24^e$	$4,64\pm 0,04^a$

NOTA: Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa (Tukey $p\leq 0,05$). Valores médios de cinco repetições.

Diante dos resultados obtidos para avaliação da cor, é confirmada a importância da coordenada de cromaticidade b^* no estudo de estabilidade da polpa de gabioba, visto que este parâmetro está diretamente relacionado com o teor de carotenóides presentes neste fruto. Os dados da Tabela 10 sugerem que ocorreu

um ligeiro declínio nos teores de carotenóides durante a estocagem. Assim, a perda de pigmentos refletiu nos valores de b^* , justificando seu decréscimo.

4.4.2 Determinação dos Compostos Bioativos

Os teores dos compostos fitoquímicos são os parâmetros mais importantes na avaliação da polpa congelada de frutos, do ponto de vista nutricional e as variações ocorridas durante o período de armazenamento para polpa de gabioba estão apresentadas na Tabela 11.

Embora as modificações ocorridas não tenham afetado a qualidade nutricional do produto após o período de congelamento, estas provavelmente foram decorrentes de reações químicas ou enzimáticas, que continuam ocorrendo, uma vez que o congelamento por si só não inativa as enzimas, apenas retarda sua ação (VAROQUAUX; WILEY, 1997).

TABELA 11 - TEORES MÉDIOS DE VITAMINA C, CAROTENÓIDES TOTAIS, FENÓLICOS TOTAIS E FLAVONÓIDES TOTAIS PARA A POLPA DA GABIROBA DURANTE ARMAZENAMENTO POR 180 DIAS ($-20\pm 2^{\circ}\text{C}$)

TEMPO DE ARMAZENAMENTO (DIAS)	COMPOSTOS FENÓLICOS ($\text{mg. } 100\text{g}^{-1}$ AG)	CAROTENÓIDES $\mu\text{g.g}^{-1}$ BETA CAROTENO	FLAVONÓIDES ($\text{mg.g}^{-1} 100 \text{ QE}$)	VITAMINA C ($\text{mg. } 100\text{g}^{-1}$ de AA)
0	$131,90 \pm 1,09^a$	$283,31 \pm 0,23^a$	$67,94 \pm 0,02^a$	$313,21 \pm 0,93^a$
30	$130,95 \pm 0,97^a$	$262,67 \pm 0,33^b$	$67,88 \pm 0,06^a$	$309,11 \pm 0,79^b$
60	$129,20 \pm 1,19^b$	$254,89 \pm 0,25^c$	$66,94 \pm 0,17^b$	$295,43 \pm 1,03^c$
90	$124,97 \pm 1,02^c$	$242,89 \pm 0,31^d$	$66,58 \pm 0,07^b$	$276,32 \pm 0,73^d$
120	$124,88 \pm 0,86^c$	$233,56 \pm 0,27^d$	$65,33 \pm 0,08^c$	$275,18 \pm 0,55^e$
150	$123,75 \pm 0,59^d$	$225,23 \pm 0,53^d$	$64,87 \pm 0,06^d$	$251,27 \pm 0,44^f$
180	$119,17 \pm 0,62^e$	$218,19 \pm 0,43^d$	$64,30 \pm 0,12^e$	$239,52 \pm 0,68^g$

NOTA: AG = ácido gálico; QE = quercetina, A.A= ácido ascórbico. Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa (Tukey $p \leq 0,05$).

Especificamente sobre a polpa de frutos da gabioba congelada, não foram encontrados relatos na literatura sobre o efeito do processamento e armazenamento

nos teores dos compostos bioativos. Porém, comparando os resultados encontrados para os parâmetros avaliados com polpa de frutos similares verifica-se certa coerência entre os resultados.

Yamashita, Bessassi e Tonza (2003), estudando a estabilidade do ácido ascórbico em polpas de acerola armazenadas a -12 e -18 °C durante um período de quatro meses evidenciaram perda de 3%. A redução no teor de vitamina C na polpa de gabioba durante todo o período de armazenamento foi de 23,52%.

Silva *et al.* (2008) encontraram perdas de ácido ascórbico de 22,16% e 18,9%, para as polpas de acerola congeladas e estocadas durante 180 dias a -18°C em duas diferentes embalagens, vidro transparente e lata metálica, respectivamente.

Neste trabalho, os teores de fenólicos e flavonóides totais apresentaram comportamentos similares durante o armazenamento. A polpa de gabioba apresentou redução de aproximada de 10% nos teores de compostos fenólicos totais e 5,35% para os flavonóides, sendo os flavonóides correspondentes a cerca de 50% do conteúdo de compostos fenólicos totais.

Os carotenóides estão naturalmente protegidos nos tecidos das plantas. No entanto, quando frutas e hortaliças são cortados ou desintegrados ocorre um aumento da exposição dos carotenóides ao oxigênio e contato com enzimas que catalisam o processo de oxidação (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). A polpa de gabioba apresentou redução total de 22,98% no teor de carotenóides totais durante 180 dias de armazenamento, o que está de acordo com decréscimo dos valores de b^* observado na avaliação colorimétrica (Tabela 10).

4.4.3 Determinação da atividade antioxidante da polpa congelada da gabioba durante o armazenamento

Não existe sistema padrão de extração com solventes que seja satisfatório para o isolamento de antioxidantes naturais, pois, a natureza química dos compostos bioativos presente, pode apresentar uma grande variação de polaridade e também ser composta por diferentes grupos e classes de antioxidantes em diversas concentrações. Além disso, há possibilidade de interação dos compostos

antioxidantes com carboidratos, proteínas e outros componentes presentes na amostra (SHAHIDI; NAZCK, 2004)

Para a identificação e isolamento de compostos bioativos em fontes naturais como polpa de frutas é necessária a realização da extração com solventes de polaridades diferentes. As pesquisas enfocam essas extrações com o objetivo de comparar seus resultados e encontrar a melhor alternativa para sua aplicação em alimentos. Por isso, neste trabalho optou-se por verificar o potencial antioxidante nos extratos hidroalcoólico (EAE), preparados para quantificação dos compostos fenólicos e com extrato obtido com éter de petróleo (EEP), preparado para quantificar o teor de carotenóides totais na polpa de congelada da gabioba durante o período de armazenamento (180 dias).

O extrato EAE obtido da polpa de gabioba apresentou os maiores valores de capacidade antioxidante (TEAC) e os menores valores de EC₅₀. Um alto potencial de sequestrar radicais livres é expresso através de um baixo índice de EC₅₀, pois quanto menor a concentração necessária do extrato para inibir a oxidação do radical em 50%, melhor é seu potencial antioxidante *in vitro*. O extrato EEP apresentou os menores valores de TEAC ao longo do período de armazenamento da polpa de gabioba e os maiores valores de EC₅₀, conforme apresentado na Tabela 12.

TABELA 12 - VALORES DE *TEAC DOS EXTRATOS APLICANDO OS MÉTODOS DPPH* E ABTS* (μMol Trolox.g⁻¹ DE POLPA)

ARMAZENAMENTO (dias)	ABTS*		DPPH*	
	Extrato Etéreo	Extrato Hidroalcoólico	Extrato Etéreo	Extrato Hidroalcoólico
30	79,54 ± 2,45 ^b	109,9 ± 4,12 ^a	53,25 ± 0,87 ^d	70,67 ± 0,96 ^c
60	76,17 ± 3,14 ^a	76,82 ± 1,34 ^a	49,56 ± 0,79 ^c	68,23 ± 0,34 ^b
90	55,38 ± 2,56 ^c	75,78 ± 1,09 ^a	32,56 ± 0,26 ^d	62,35 ± 0,12 ^b
120	45,32 ± 2,34 ^c	75,34 ± 0,98 ^a	22,45 ± 0,07 ^d	55,08 ± 0,23 ^b
150	33,38 ± 0,45 ^c	69,14 ± 0,76 ^a	14,56 ± 0,32 ^d	52,45 ± 0,45 ^b
180	19,13 ± 0,23 ^c	66,89 ± 0,85 ^a	7,70 ± 0,09 ^d	49,8 ± 0,56 ^b
EC ₅₀	128,04 ^B	44,63 ^C	216,29 ^A	43,58 ^C

NOTA: EEP= Extrato obtido com éter de petróleo, EAE= Extrato obtido com álcool etílico a 80% (v/v) álcool e água. Linhas com letras minúsculas diferentes são significativamente diferentes no teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Letras maiúsculas foram usadas na comparação dos valores de EC_{50}

*TEAC = ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EQUIVALENTE A TROLOX

A atividade antioxidante dos extratos obtidos da polpa gabioba acompanha a ordem de polaridade dos solventes. Etanol 80% > éter de petróleo, tanto para o método DPPH[•] como para o ABTS^{•+}. O fato poderia ser justificado pela presença de compostos fenólicos nas frações, que são compostos solúveis em solventes polares. Já o éter de petróleo extrairia em maior quantidade compostos lipofílicos como os carotenóides. Assim, os compostos polares como os polifenóis e vitamina C seriam os que mais contribuem para ação antioxidante da polpa gabioba.

Rufino *et al.* (2010), ao estudarem os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de acerola, encontram $96,6 \mu\text{MolTrolox.g}^{-1}$ de polpa para atividade antioxidante. Thaipong *et al.* (2006), ao avaliarem quatro cultivares de goiaba, observaram valores variando de 29,6 a $34,4 \mu\text{MolTrolox.g}^{-1}$ de polpa usando o método ABTS^{•+}.

Kuskoski *et al* (2006) avaliaram a atividade antioxidante da polpa de açaí através do método DPPH em dois tempos de análises (30 e 60 minutos) e obtiveram valores que variaram de $6,90 \pm 0,2$ e $8,30 \pm 0,14 \mu\text{MolTrolox.g}^{-1}$ de polpa para as análises obtidas em 30 minutos e $9,1 \pm 0,4$ e $9,4 \pm 0,24 \mu\text{Mol Trolox.g}^{-1}$ de polpa para o período de 60 minutos.

Devido à sua hidrossolubilidade, a vitamina C atua como antioxidante em ambientes aquosos, mas tem ação limitada na prevenção da peroxidação lipídica em ambientes lipofílicos (BIERI, 2002; NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999).

Os carotenóides apresentam um sistema de ligações duplas conjugadas, que são responsáveis pela absorção de luz. Entretanto, o alto grau de insaturações é o principal responsável pela alta susceptibilidade à degradação. Os carotenóides, quando no seu estado natural, estão protegidos pela ultra-estrutura celular, pois, normalmente estão complexados com proteínas, o que confere estabilidade a esses pigmentos. A descompartimentação celular total ou parcial dos tecidos vegetais, que ocorre durante o processamento dos frutos, deixa os carotenóides em contato principalmente com o oxigênio, um dos principais catalisadores da degradação desses pigmentos (KRINSKY, 1993).

Verifica-se, na Tabela 13 que todas as correlação foram positivas e significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os dois métodos *in vitro* de

determinação do potencial antioxidante ABTS⁺ e DPPH⁺. Isto significa que os dois métodos analíticos empregados apresentaram respostas similares.

TABELA 13 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS BIOATIVOS E O MÉTODO USADO PARA AVALIAR O POTENCIAL ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DA POLPA DE GABIROBA CONGELADA DURANTE ESTOCAGEM POR 180 DIAS (- 20±2°C)

					DPPH	DPPH	ABTS
	AG	BC	QE	AA	EAE	EEP	EAE
CF	1,00						
BC	0,85	1,00					
QE	0,91	0,93	1,00				
AA	0,96	0,94	0,96	1,00			
DPPH -EAE	0,94	0,92	0,97	0,94	1,00		
DPPH- EEP	0,70	0,99	0,83	0,75	0,91	1,00	
ABTS- EAE	0,95	0,95	0,96	0,98	0,97	0,95	1,00
ABTS- EEP	0,95	0,86	0,79	0,87	0,96	0,96	0,97

NOTA: EEP= Extrato obtido com éter de petróleo, EAE= Extrato obtido com álcool etílico a 80% (v/v) álcool e água. Compostos Fenólicos (AG) =Ácido gálico; Carotenóides (BC)= beta caroteno; flavonóides (QE) = Quercetina; Vitamina C (AA) = Ácido Ascórbico.

Observou-se que a correlação entre os compostos bioativos (vitamina C, compostos fenólicos, flavonóides e carotenóides) foram maiores com o extrato hidroalcoólico (EAE) para ambos os métodos, quando comparado com o extrato etéreo (EEP), exceto para o beta caroteno (BC) que apresentou uma correlação de 0,99.

Rufino *et al.* (2010), analisando a correlação entre os compostos bioativos e atividade antioxidante total pelo método ABTS, de dezoito frutas tropicais, obtiveram correlações positivas e significativas, para o teor de vitamina C (0,70) e para o conteúdo de compostos fenólicos (0,92). Entretanto, não foi obtida correlação significativa para o conteúdo de antocianinas, carotenóides totais e flavonóides amarelos.

Neste estudo, a maior correlação encontrada foi entre o teor de beta caroteno e o potencial antioxidante pelo método DPPH (0,99) e a menor correlação observada foi entre o teor de compostos fenólicos e o potencial antioxidante pelo método DPPH (0,70) ambos para o extrato obtido com éter de petróleo, conforme

apresentado na Tabela 12. Houve correlação positiva e significativa entre a atividade antioxidante e a concentração dos compostos bioativos nos dois métodos empregados, indicando que na gabioba essa atividade pode ser influenciada de forma sinérgica por todos os compostos bioativos.

4.4.4 Determinação do perfil reológico da polpa de gabioba

Em relação ao comportamento independente do tempo, é possível observar através da Figura 7 a influência da temperatura na relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento nas temperaturas estudadas (20, 40, 50 e 60°C) para a polpa da gabioba. É observado um comportamento não-Newtoniano, dado pela não linearidade entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento, sendo ainda possível verificar que as inclinações das curvas de fluxo diminuem com o aumento da taxa de cisalhamento, indicando decréscimo na viscosidade aparente e um comportamento pseudoplástico para polpa da gabioba. Esse comportamento pode ser explicado pela modificação ocorrida na estrutura da cadeia molecular pelo aumento do gradiente de velocidade. Essas cadeias tendem a se alinhar, paralelamente, diminuindo a resistência ao escoamento (ALONSO *et al.*, 1990).

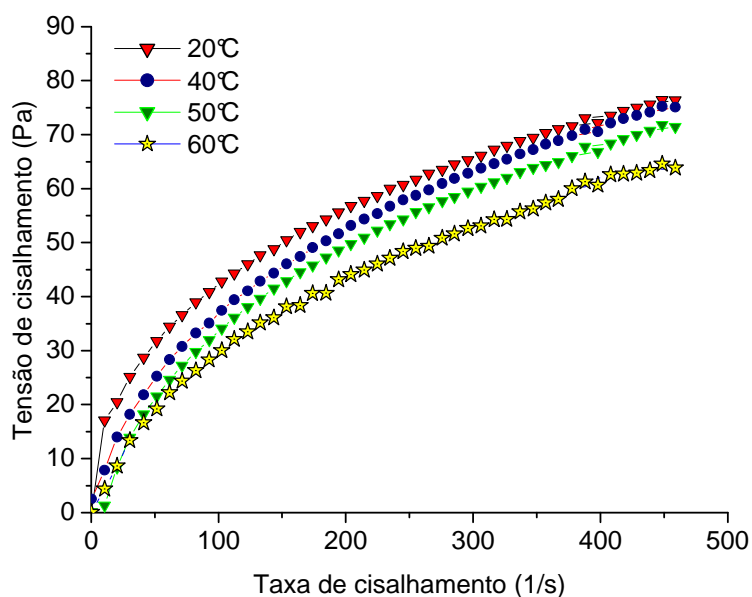


FIGURA 7 - CURVA DE FLUXO EM DIFERENTES TEMPERATURAS PARA A POLPA DE GABIROBA

O comportamento de fluxo de polpas de frutas é influenciado por inúmeros fatores, como quantidade de sólidos solúveis e insolúveis, bem como distribuição, tamanho e formato das partículas. A baixa concentração da fase dispersa faz com que a fase contínua determine o caráter do fluido (HIGIRO; HERALD; ALAVI, 2006).

A Tabela 14 apresenta os valores dos parâmetros reológicos e estatísticos obtidos para a polpa da gabioba nas temperaturas de 20, 40, 50 e 60°C, através dos ajustes aos modelos da Lei de Potência e Herschel-Bulkley.

TABELA 14 - PARÂMETROS REOLÓGICOS E ESTATÍSTICOS OBTIDOS PARA A POLPA DA GABIROBA

Lei da Potência						
Temperatura	K (Pa.s ⁿ)	n	R ²	χ ²	SQR	
20°C	0,621	0,364	0,976	0,281	1,396	
40°C	0,506	0,372	0,987	0,056	0,134	
50°C	0,453	0,397	0,995	0,022	0,029	
60°C	0,462	0,403	0,996	0,019	0,018	
Herschel-Bulkley						
Temperatura	τ ₀ (Pa)	K(Pa.s ⁿ)	n	R ²	χ ²	SQR
20°C	1,871	0,116	0,626	0,993	0,025	1,031
40°C	1,351	0,098	0,631	0,997	0,007	0,016
50°C	1,392	0,101	0,673	0,998	0,008	0,015
60°C	1,229	0,089	0,735	0,998	0,009	0,016

Observa-se na Tabela 14, que os valores do índice de comportamento (n) são menores que a unidade (<1), configurando um caráter pseudoplástico para a polpa de gabioba. Esse parâmetro reológico variou na faixa de 0,364 a 0,403, para o modelo da Lei de Potência, e na faixa de 0,626 a 0,735, para o modelo de Herschel-Bulkley. De maneira geral, é possível notar que o aumento da temperatura levou à redução da tensão residual (τ_0) e do índice de consistência (k) da polpa de gabioba. Foi observada apenas uma leve tendência de aumento do índice de comportamento (n) com o aumento da temperatura. Segundo Saravacos e Kostaropoulos (1995), a temperatura tem um efeito relativamente pequeno sobre o valor de n .

De acordo com Ferreira *et al.* (2003), a polpa de goiaba apresenta valores de índice de comportamento (n) abaixo da unidade, indicando um comportamento pseudoplástico, nas temperaturas entre 10 e 60°C.

Comparando-se os ajustes aos modelos da Lei de Potência e Herschel-Bulkley, verifica-se que ambos os modelos representam satisfatoriamente o comportamento da polpa da gabioba. No entanto, os maiores valores encontrados para o coeficiente de determinação (R^2), e os menores valores para o teste de qui-quadrado (χ^2) e para soma dos quadrados dos resíduos (SQR) foram apresentados pelo modelo de Herschel-Bulkley, indicando que este é o mais adequado para descrever o comportamento reológico da polpa da gabioba nas temperaturas avaliadas. Assim, a polpa da gabioba apresenta um comportamento pseudoplástico com limite de escoamento.

Os ensaios oscilatórios são úteis para caracterizar a conformação macromolecular e interações intermoleculares em solução. Informações de varreduras de frequências podem ser usadas para caracterizar ou classificar uma dispersão. No entanto, é necessário que estes testes se restrinjam ao intervalo de viscoelasticidade linear (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000). Para determinar a faixa viscoelástica linear, a polpa da gabioba foi submetida a uma varredura de tensão na faixa de 0 a 100 Pa e então selecionada a tensão de 10 Pa para a varredura de frequência. Na Figura 8 está representado o espectro mecânico da polpa de gabioba.

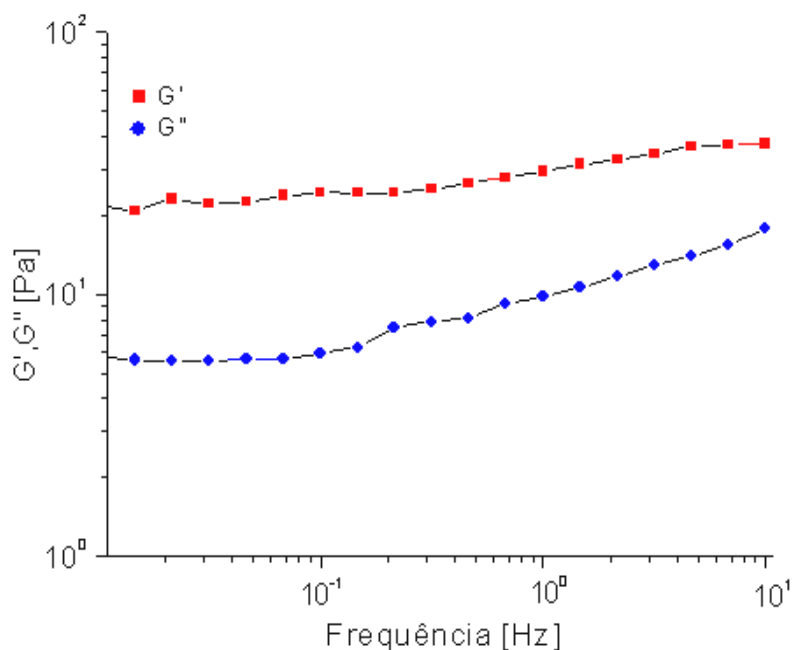


FIGURA 8 - EFEITO DA FREQUÊNCIA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO (G') E DE PERDA (G'') PARA A POLPA DE GABIROBA EM FUNÇÃO DA FREQUÊNCIA, NA TEMPERATURA DE 25°C

A polpa de gabioba apresentou um comportamento elástico, com valores do módulo de armazenamento (G') superiores aos valores do módulo de perda (G'') em toda a faixa de frequência analisada.

4.5 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS POLISSACARÍDEOS EXTRAÍDOS DA POLPA DA GABIROBA

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos para os rendimentos, grau de esterificação (DE), teores de açúcares totais e proteínas das frações de polissacarídeos obtidas da polpa de gabioba.

TABELA 15 - RENDIMENTO, GRAU DE ESTERIFICAÇÃO (DE), DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES TOTAIS E PROTEÍNAS DAS FRAÇÕES DE POLISSACARÍDEOS DA PÓLPA DA GABIROBA EM DIFERENTES CONDIÇÕES

FRAÇÕES	RENDIMENTO (%) ¹	DE ²	TEOR DE AÇÚCAR TOTAL (%)	TEOR DE PROTEÍNA (%)
F - H ₂ O	8,5 ^a	62,7 ^a	86,2 ^a	5,73 ^d
F1	5,9 ^b	53,6 ^b	84,3 ^b	5,6 ^d
F2	3,2 ^c	52,9 ^c	74,4 ^e	5,8 ^d
F3	3,1 ^d	51,2 ^d	75,4 ^d	7,3 ^b
F4	2,1 ^e	50,5 ^d	78,2 ^c	6,3 ^c
F - NaOH 2 mol.L ⁻¹	2,1 ^e	47,7 ^e	78,8 ^c	7,5 ^a

NOTA - 1: Rendimento das frações em relação ao resíduo insolúvel em álcool.

²DE: Grau de esterificação determinado por FT-IR,

Condições de extração: F-H₂O (extraído com água 26°C/60 min); F1 (extraído com ácido cítrico 0,5%, 50°C/60min) e F2 (extraído com ácido cítrico 0,5%, 100°C/60min), F3 (extraído com ácido cítrico 5%, 50°C/60min) e F4 (extraído com ácido cítrico 5%, 100°C/60min). F NaOH (extraído com solução de hidróxido de sódio 2 mol.L⁻¹, 26°C/ 60 min)

Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa (Tukey $p \leq 0,05$).

Os rendimentos das frações de polissacarídeos obtidas da polpa de gabioba variaram de 2,1 a 8,5%. Esses resultados foram similares aos obtidos para pectinas da polpa do araçá (SANTOS, 2006), porém inferiores aos encontrados para pectinas extraídas da farinha do bagaço da maçã (MARCON *et al.*, 2005). A fração F4, obtida em condições mais severas (ácido cítrico 5%/100°C/ 60 min), apresentou menor rendimento e grau de esterificação mais baixo em relação às demais frações obtidas da polpa de gabioba. O teor de açúcar total das frações de polissacarídeos ficou compreendido entre 74,4% e 86,2%, próximo aos teores encontrados para polissacarídeos extraídos de frutos do cambuí (VRIESMANN *et al.*, 2004).

As características físico-químicas dos polissacarídeos são determinadas por sua composição monossacarídica e teores de ácidos urônicos (ROSENBOHM *et al.*, 2002). A maior proporção de ácidos urônicos foi detectada na Fração 1 extraída com ácido cítrico 0,5% /50°C/60min em condições menos drásticas (Tabela 16).

TABELA 16 - COMPOSIÇÃO MONOSSACARÍDICA¹ DAS FRAÇÕES DE POLISSACARÍDEOS DA POLPA DE GABIROBA

FRAÇÃO	ÁCIDOS URÔNICO	MONOSSACARÍDEOS NEUTROS						
		Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc
		%						
F - H ₂ O	16,91 ^e	0,82 ^e	nd	74,99 ^a	2,94 ^e	0,81 ^d	16,83 ^d	3,62 ^d
F1	22,47 ^a	3,07 ^b	nd	50,15 ^d	4,34 ^c	2,39 ^a	27,37 ^a	12,7 ^a
F2	17,09 ^d	1,13 ^d	0,2 ^c	71,62 ^b	2,63 ^e	0,61 ^e	20,99 ^d	2,81 ^d
F3	17,79 ^{c,d}	2,16 ^c	0,37 ^b	61,66 ^d	5,13 ^b	1,16 ^c	22,31 ^b	7,22 ^c
F4	18,35 ^c	2,16 ^c	nd	66,71 ^c	3,19 ^d	1,11 ^c	22,93 ^b	3,89 ^d
Fração NaOH 2 mol.L ⁻¹	20,73 ^b	3,64 ^a	1,41 ^a	58,54 ^e	6,77 ^a	1,64 ^b	19,53 ^c	8,48 ^b

NOTA - 1: determinada por GLC, % ; Condições de extração F H₂O (água, 26°C/60min) F1 (ácido cítrico 0,5%, 50°C/60min) e F2 (ácido cítrico 0,5%, 100°C/60min), F3 (ácido cítrico 5%, 50°C/60min) e F4 (ácido cítrico 5%, 100°C/60 min). F NaOH (solução de hidróxido de sódio 2 mol.L⁻¹ 26°C/60min) Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa (Tukey $p \leq 0,05$). Nd: não detectado.

Os polissacarídeos extraídos da gabirola apresentaram teores consideráveis de ácidos urônicos, arabinose, galactose e ramnose, estando de acordo com os estudos de Santos *et al* (2009) para polpa de gabirola. Foi verificada a presença de ramnose em todas as frações. A ramnose é um monossacarídeo que se constitui em pontos de ramificações das cadeias laterais, as quais de acordo com a Tabela 15 contêm principalmente arabinose e galactose em maiores proporções.

Após a determinação da composição monossacarídica, os polissacarídeos extraídos da polpa de gabirola foram avaliados quanto ao seu comportamento reológico sob diferentes condições na concentração de 30g.L⁻¹.

4.6 ANÁLISES REOLÓGICAS DOS POLISSACARÍDEOS EXTRAÍDOS DA POLPA DA GABIROBA

A maioria das aplicações práticas dos polissacarídeos envolve sua habilidade de alterar as propriedades físicas do alimento, seja por conferir alta viscosidade a soluções ou por criar redes intermoleculares coesivas. A formação de géis é um processo muito importante, pois a estrutura do gel influencia no processamento e na textura dos mais diversos produtos, sendo esse um dos fatores que têm despertado grande interesse nas propriedades reológicas dos polissacarídeos ao longo dos anos (MORRIS, 1995).

A grande maioria dos fluidos apresenta um comportamento reológico que os classifica entre os líquidos e sólidos: eles são chamados de viscoelásticos. Deste modo, a viscosidade e a elasticidade são duas possibilidades de resposta à tensão a que são submetidos. O comportamento sólido (distensão) ou líquido (fluxo) vai depender das características relacionadas ao tempo natural de relaxação e ao tempo de duração do experimento (SCHRAMM, 2006).

As curvas de fluxo obtidas para as frações de polissacarídeos da polpa de gabioba podem ser observadas na Figuras 9, onde verifica-se que todas as frações apresentaram um comportamento pseudoplástico.

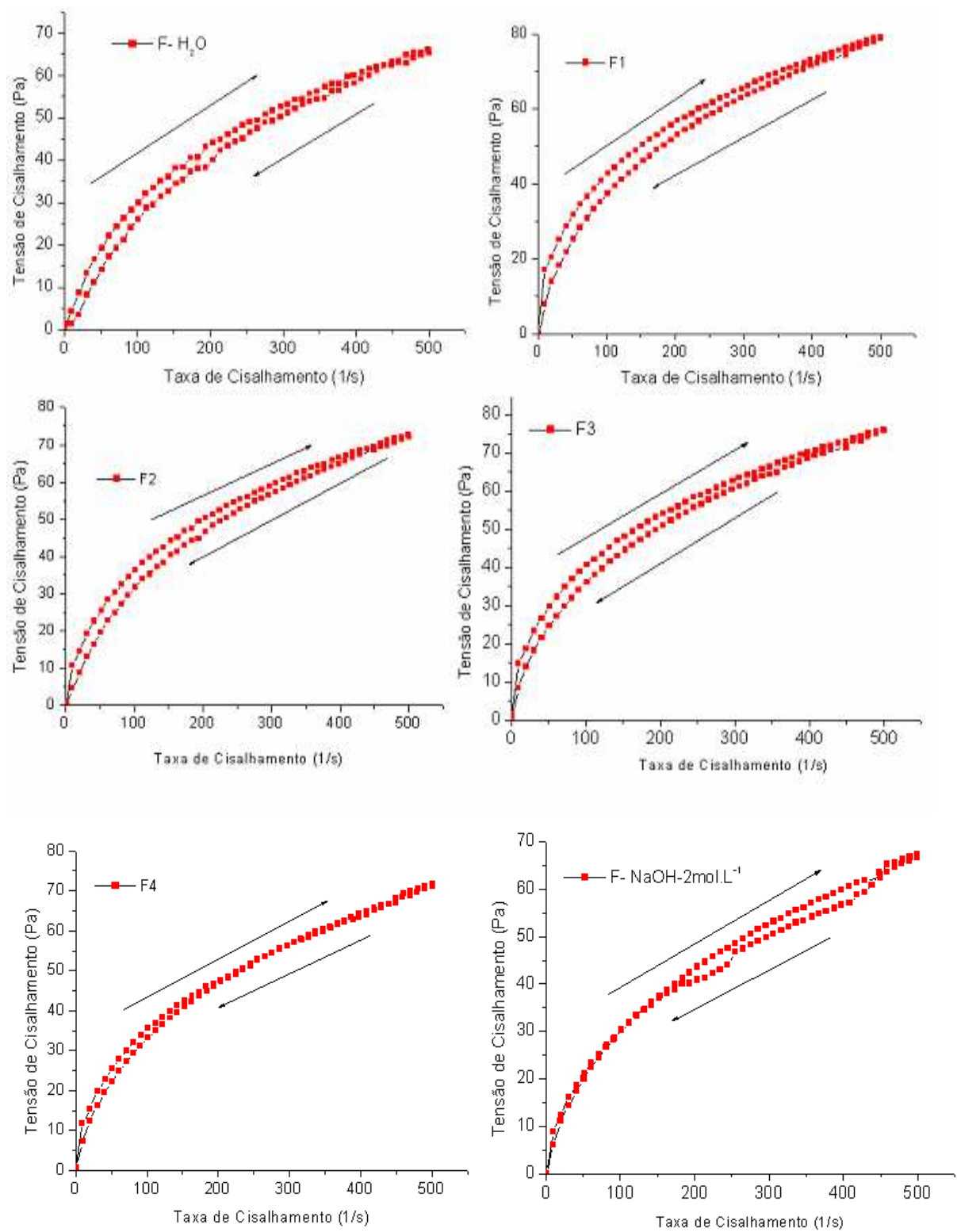


FIGURA 9 - CURVAS DE FLUXO (ASCENDENTE E DESCENDENTE) PARA AS FRAÇÕES DOS POLISSACARÍDEOS EXTRAÍDOS DA POLPA DA GABIROBA

Para determinar a faixa viscoelástica linear, a polpa da gabioba foi submetida a uma varredura de tensão na faixa de 1 a 10 Pa e então selecionada a tensão de 1 Pa, para a varredura de frequência.

Após varredura de tensão de acordo com a faixa de viscoelasticidade linear, as frações de polissacarídeos foram submetidas a testes de varredura de frequência.

O resultado das análises oscilatórias dinâmicas das frações de polissacarídeos mostraram módulo de armazenamento (G') superior ao módulo de perda (G'') em toda a faixa analisada (Figura 10).

A fração (F-H₂O) extraída em temperatura ambiente (26°C) apresentou um predomínio do caráter sólido ($G' > G''$) por toda a faixa de frequência analisada.

As frações F1 e F2 apresentaram um predomínio do caráter sólido ($G' > G''$) em nas condições estudadas. Observa-se que os módulos de armazenamento (G') e perda (G'') mostraram pouca dependência com a frequência na faixa analisada. Este comportamento reflete a existência de uma rede tridimensional (ENDRESS, DÖSCHL-VOLLE e DENGLER, 1996). A fração F1 apresentou valores de G' superiores aos obtidos para fração F2, bem como uma maior diferença entre os módulos de armazenamento (G') e perda (G''). Estas características permitem concluir que a fração F1 forma um gel mais forte que a fração F2 nas condições testada. Como a fração F2 foi obtida em condições mais drásticas de extração, é possível que estas tenham promovido despolimerização dos polissacarídeos, o que prejudicaria a formação da rede.

O resultado das análises oscilatórias dinâmicas para as amostras F3 e F4 obtidas em temperatura mais elevada (100°C) mostram que estas frações também apresentaram o módulo de armazenamento (G') superior ao módulo de perda (G'') em toda a faixa de frequência analisada. Novamente, a fração obtida em condições de extração mais drásticas (F4) apresentou menores valores de G' e uma menor diferença entre os módulos do que a fração F3. extraída com ácido cítrico 5% a 100°C e F-NaOH extraída com solução de hidróxido de sódio 2 mol.L⁻¹, que foram as condições mais drásticas. Estes resultados corroboram com a hipótese de que a temperatura, o tipo e solvente e as concentrações mais elevadas de solvente podem promoveram degradação dos polissacarídeos.

As condições drásticas de extração dos polissacarídeos levam à despolimerização e desesterificação, pois, ocorre fragmentação da cadeia poligalacturônica, comprometendo a gelificação das pectinas (SMOUT *et al.*, 2005).

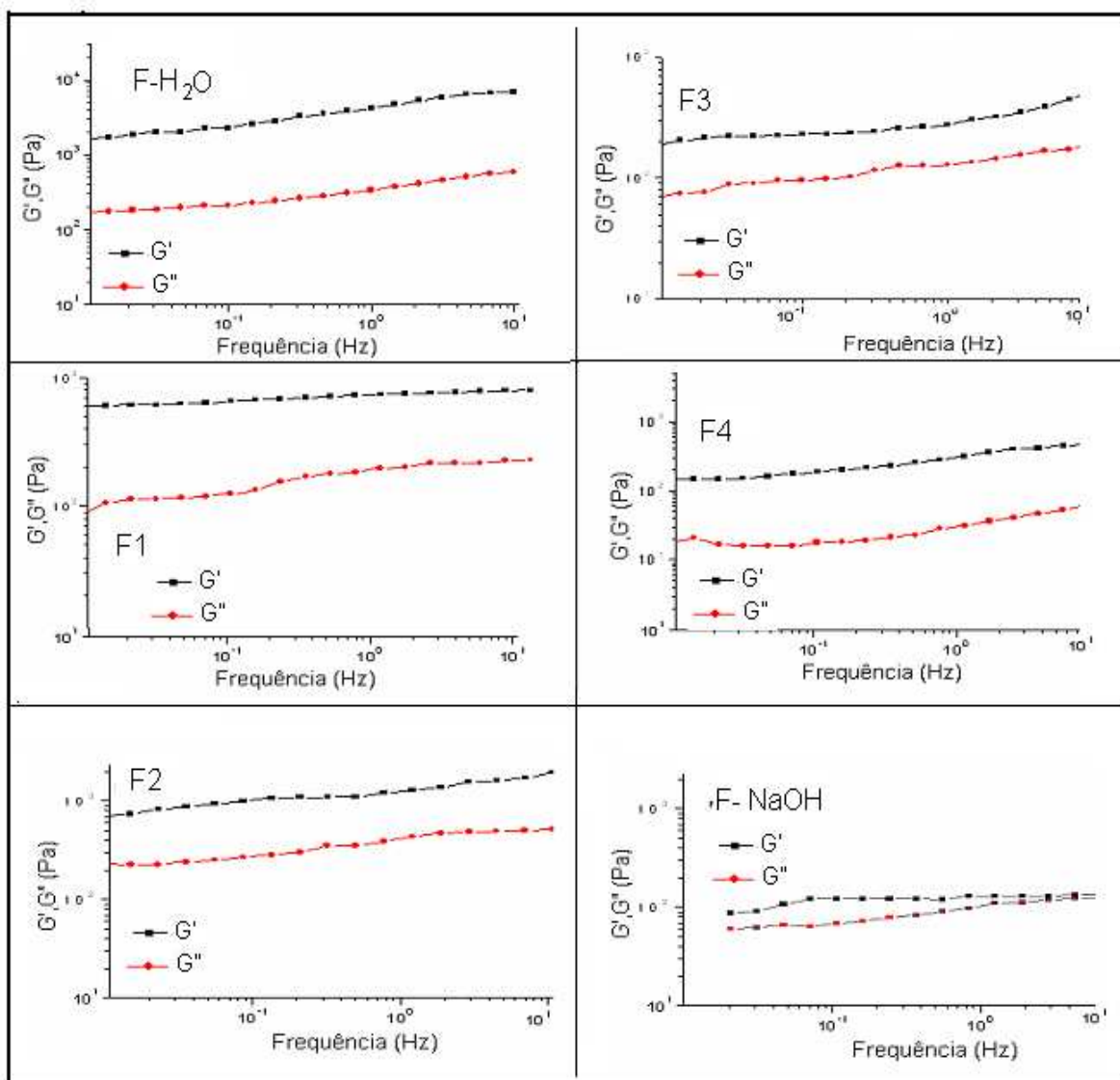


FIGURA 10 - EFEITO DA FREQUÊNCIA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO (G') E PERDA (G''), PARA FRAÇÕES F -H₂O (ÁGUA DESTILADA 26°C, 60min) EM PRESENÇA DE SACAROSE. F1 (ÁCIDO CÍTRICO 0,5%, 50°C/60min) E F2 (ÁCIDO CÍTRICO 0,5%, 100°C/60 min) EM PRESENÇA DE CÁLCIO E SACAROSE ($R=0,58$ / 20%). F3 (ÁCIDO CÍTRICO 5%, 50°C/60min) E F4 (ÁCIDO CÍTRICO 5%, 100°C/60min) EM PRESENÇA DE CÁLCIO E SACAROSE ($R=0,58$ / 20%). FRAÇÃO NaOH (SOLUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO 2mol.L⁻¹, 20°C/60min) EM PRESENÇA DE CÁLCIO $R=0,58$ / 20% E SACAROSE

Todas as frações estudadas formaram géis embora com diferentes características. As frações que apresentaram menor poder geleificante foram as frações F4.

As frações de polissacarídeos da polpa de gabioba também foram avaliadas frente a variações de temperatura (Figuras 11).

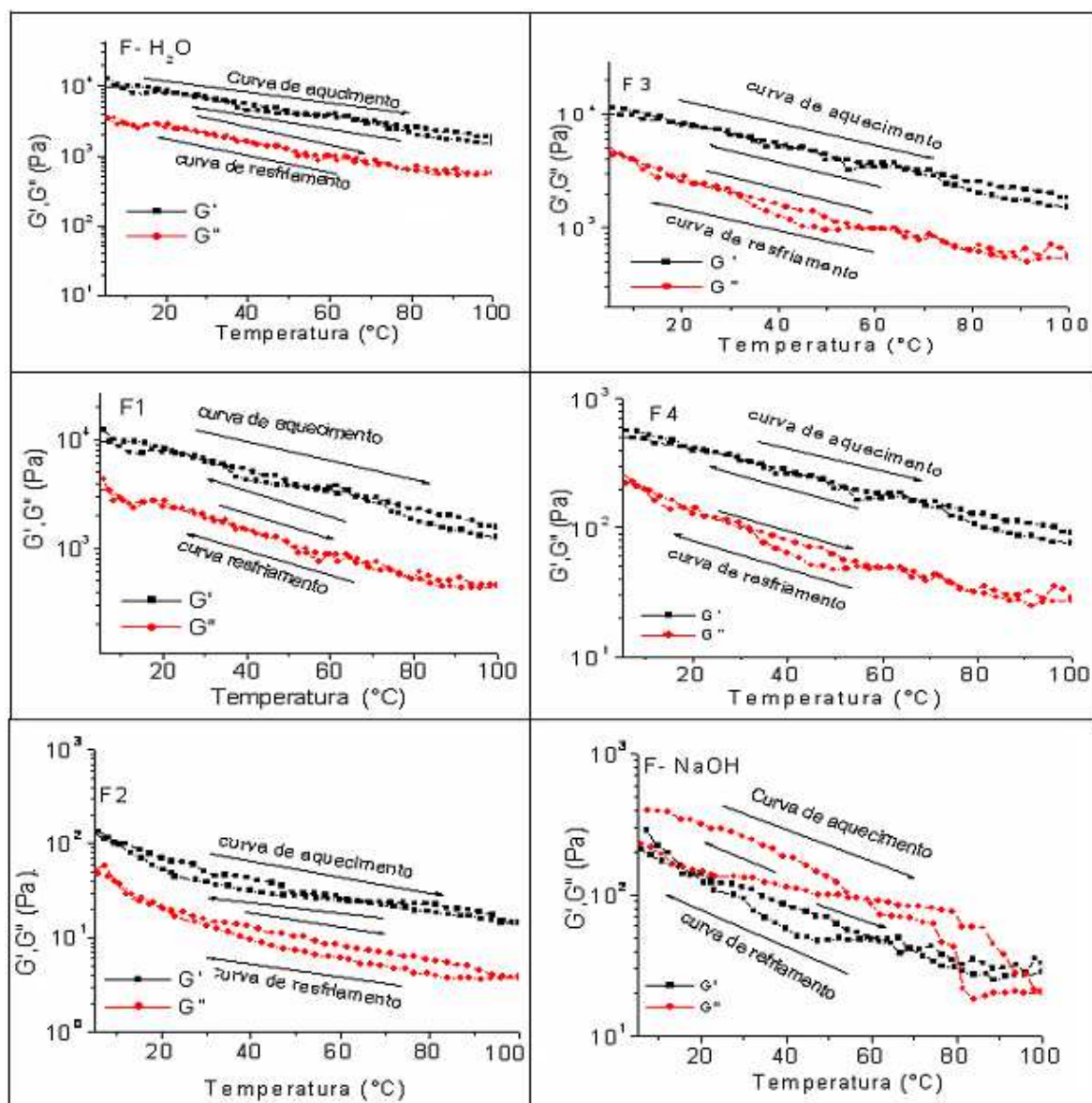


FIGURA 11 - EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO (G') E PERDA (G'') DAS FRAÇÕES DE POLISSACARÍDEO EXTRAÍDOS DA POLPA DO FRUTO DE GABIROBA: PARA FRAÇÕES F-H₂O (ÁGUA DESTILADA 26°C, 60min) EM PRESENÇA DE SACAROSE. F1 (ÁCIDO CÍTRICO 0,5%, 50°C/60min) E F2 (ÁCIDO CÍTRICO 0,5%, 100°C/60 min) EM PRESENÇA DE CÁLCIO E SACAROSE (R=0,58 / 20%). F3 (ÁCIDO CÍTRICO 5%, 50°C/60min) E F4 (ÁCIDO CÍTRICO 5%, 100°C/60min) EM PRESENÇA DE CÁLCIO E SACAROSE (R=0,58 / 20%). FRAÇÃO NaOH (SOLUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO 2mol.L⁻¹, 20°C/60min) EM PRESENÇA DE CÁLCIO R=0,58/ 20% E SACAROSE

O aquecimento seguido de resfriamento causou modificações marcantes apenas na textura dos géis da última fração extraída com hidróxido de sódio. Com exceção desta fração, todas as demais frações apresentaram como característica boa resistência frente às variações de temperatura. Quando submetidas a ciclos de aquecimento e posterior resfriamento estes géis retornam à sua estrutura original.

4.7 COMPOSTOS BIOATIVOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E PERFIL DOS ÁCIDOS GRAXOS DO ÓLEO EXTRAÍDO DAS SEMENTES DA GABIROBA

As sementes da gabioba apresentaram teor de umidade de 7,67% em base seca e um teor de óleo de 12,67%, obtido através de extração com hexano. O extrato etanólico foi o que promoveu o maior rendimento de extração (27,67%), seguido pela fração obtida com clorofórmio (14,88%) e o que apresentou menor rendimento foi o extrato obtido com acetato de etila 9,57%.

O rendimento dos extratos está diretamente relacionado ao tipo de solvente usado, sendo que esta porcentagem pode variar também em função matéria prima e da técnica aplicada, que pode estar baseado em mecanismos químicos diferentes (FERNANDES, 2002). Diversos métodos e sistemas de solventes são usados para a extração de polifenóis de produtos de origem vegetal, principalmente frutos e seus subprodutos, com o objetivo de determinar a capacidade antioxidante (PRIOR, WU e SCHAICH, 2005). A maioria dos estudos tem deixado cada vez mais evidente que o tipo de solvente e sua polaridade podem interferir na transferência de elétrons e de átomos de hidrogênio, que é primordial na medida da capacidade antioxidante. A presença de compostos não antioxidantes nas soluções testadas também pode afetar os resultados (PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2006).

4.7.1 Compostos fenólicos e carotenóides totais

O teor de compostos fenólicos totais nos extratos obtidos da semente da gabirola variou de $176,56 \pm 0,05$ a $86,37 \pm 0,22$ mg. $100g^{-1}$, sendo a fração obtida com etanol a que apresentou melhor resultado, conforme observado na Tabela 17.

TABELA 17 - TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS E CAROTENÓIDES NOS EXTRATOS OBTIDOS DAS SEMENTES DA GABIROBA

EXTRATOS	COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (mg AG. $100g^{-1}$)	CAROTENÓIDES TOTAIS ($\mu g.g^{-1}$ DE BETA CAROTENO)
Etanólico	$176,56 \pm 0,05^a$	$25,21 \pm 1,56^c$
Hexânico	$43,32 \pm 0,45^d$	$79,40 \pm 0,78^a$
Clorofórmico	$64,51 \pm 0,32^c$	$23,11 \pm 2,12^c$
Acetato de etila	$86,37 \pm 0,22^b$	$48,42 \pm 1,09^b$

NOTA: AG = ácido gálico. Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa (Tukey $p \leq 0,05$).

O teor mais elevado de carotenóides foi obtido na fração hexânica e na fração obtida com clorofórmio em função da afinidade desses componentes com solventes de baixa polaridade.

4.7.2 Determinação do potencial antioxidante para os extratos da semente da gabioba

O percentual de inibição do DPPH, obtido por regressão linear, para os extratos, apresentou significativo coeficiente de determinação, como observado na Figura 17.

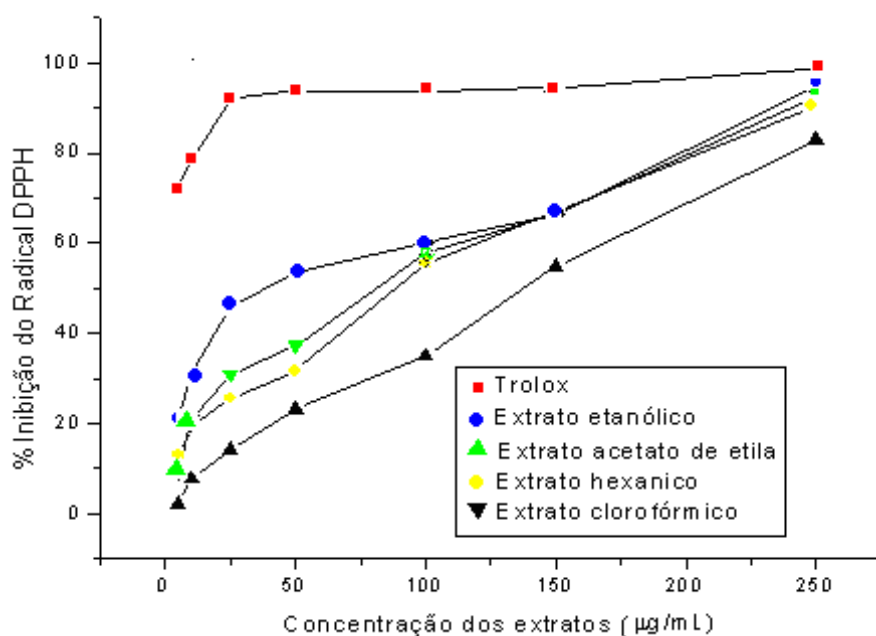


FIGURA 12 - PERCENTUAL DE INIBIÇÃO DO RADICAL DPPH EM FUNÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DOS EXTRATOS DAS SEMENTES DA GABIROBA

Os menores valores de EC_{50} encontrados para os extratos obtidos da semente dos frutos da gabioba foram $75,52 \mu\text{g.mL}^{-1}$ e $99,87 \mu\text{g.mL}^{-1}$ para as frações obtidas com etanol e acetato de etila respectivamente. Os maiores valores encontrados de EC_{50} foram $105,91$ e $142,11 \mu\text{g.mL}^{-1}$ para as frações obtidas com hexano e clorofórmio respectivamente. Extratos obtidos a partir de sementes de uvas exibiram 75 a 90% de atividade antioxidante (JAYAPRAKASHA; SING; SAKARIAH, 2001).

O extrato de semente da gabioba que apresentou maior poder de inibição foi o obtido com etanol, cujos valores foram de 95,12%. Os dados obtidos para a

atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical livre estável DPPH indicaram que os compostos secundários com atividade antioxidante concentram-se preferencialmente nos extratos mais polares possivelmente pela extração de constituintes polifenólicos e flavonóides.

O extrato que apresentou menor capacidade de inibição foi o obtido com clorofórmio. A relação entre concentração de fenóis totais e a capacidade de sequestrar radicais livres dos extratos foi significativa, visto que o extrato com maior concentração de compostos fenólicos totais também foi o extrato com maior potencial de atividade antioxidante. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre a capacidade dos extratos de semente da gabioba em inibir a ação do radical DPPH. A atividade antioxidante pode depender de vários fatores, incluindo as propriedades coloidais dos substratos, as condições e etapas de oxidação, a formação e estabilidade dos radicais, assim como a possível localização dos antioxidantes e estabilidade em distintas fases do processamento. Segundo Pérez-Jiménez e Saura-Calixto (2006), as diferenças observadas na atividade antioxidante, quando utilizados diferentes solventes extratores, podem ser maiores se a amostra analisada for uma matriz complexa de diferentes componentes, que podem estabelecer, entre si e com os solventes, inúmeras e diferentes interações. Esses autores encontraram diferenças significativas na atividade antioxidante pelo método ABTS, influenciadas pela polaridade do solvente, com valores maiores em solventes mais polares. Os dados obtidos pelo método ABTS para determinação do perfil antioxidante dos extratos estão apresentados na Tabela 18.

Os resultados obtidos permitem verificar que, houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,004$) entre perfil antioxidante dos extratos obtidos da semente da gabioba pelo método ABTS. Essa diferença pode ser devida a complexidade da amostra e a extração sequencial facilita a obtenção de teores variados de diversas substâncias com capacidade antioxidante. Kuskoski e seus colaboradores (2006) determinaram atividade antioxidante das polpas de frutas de grande consumo na região Sul do Brasil (amora, uva, açaí, goiaba, morango, acerola, abacaxi, manga, graviola, cupuaçu e maracujá), aplicando o método ABTS.

TABELA 18 - POTENCIAL ANTIOXIDANTE PELO METODO ABTS⁺ TEAC ($\mu\text{Mol.g}^{-1}$) PARA OS EXTRATOS OBTIDOS DAS SEMENTES DA GABIROBA

CONCENTRAÇÃO $\mu\text{Mol.g}^{-1}$	EXTRATO ETANÓLICO	EXTRATO HEXÂNICO	EXTRATO CLOROFÓRMICO	EXTRATO DE ACETATO DE ETILA
5	$3,10 \pm 0,82^a$	$1,33 \pm 0,12^c$	$1,41 \pm 0,25^b$	$1,32 \pm 0,03^c$
10	$9,15 \pm 0,46^a$	$2,69 \pm 0,21^b$	$2,07 \pm 4,28^c$	$2,75 \pm 0,05^b$
25	$10,55 \pm 0,19^a$	$4,27 \pm 1,10^d$	$3,91 \pm 0,06^c$	$4,75 \pm 0,31^b$
50	$15,16 \pm 0,07^a$	$6,24 \pm 0,01^c$	$4,40 \pm 0,76^d$	$8,79 \pm 0,25^b$
100	$25,38 \pm 1,03^a$	$7,03 \pm 2,09^c$	$4,62 \pm 1,79^d$	$10,16 \pm 3,21^b$
150	$27,28 \pm 1,39^a$	$8,58 \pm 2,27^c$	$6,86 \pm 1,59^d$	$16,40 \pm 0,05^b$
250	$40,35 \pm 1,89^a$	$13,06 \pm 3,27^c$	$7,66 \pm 1,99^d$	$22,12 \pm 2,15^b$

NOTA : Trolox Equivalent Antioxidant Capacity - TEAC ($\mu\text{M.g}^{-1}$)

Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa (Tukey $p \leq 0,05$).

4.7.3 Determinação do perfil de ácidos graxos encontrados no óleo extraído das sementes da gabioba

A Tabela 19 apresenta o perfil dos ácidos graxos identificados por cromatografia gasosa, presentes na fração lipídica das sementes da gabioba.

Os ácidos graxos essenciais para a alimentação humana são o ácido linolênico (ômega-6) e o ácido linoleico (ômega-3). O primeiro está presente em grande quantidade nos óleos de milho e soja, enquanto o segundo, em vegetais de folhas verdes, no óleo de linhaça e nos óleos de peixes marinhos. O perfil de ácidos graxos do óleo da semente de gabioba apresenta um destaque para os ácidos oléico (60,84%), palmítico (13,91%) e o linoléico (14,15%). A quantidade total de ácidos graxos insaturados foi de 77,73%, dos quais 62,42% de ácidos monoinsaturados e 15,31% de ácidos poliinsaturados. O ácido oléico foi o principal constituinte do óleo extraído.

O teor de ácido linolênico (0,53%) encontrado no óleo da semente de gabioba foi superior aos teores aos citados por Cardoso *et al.* (2010) para azeites

de olivas extraídos de cinco variedades de oliveiras e do azeite de oliva extra virgem comercial onde os valores variaram de 0,19 a 0,40%.

TABELA 19 - PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS PRESENTES NO EXTRATO HEXANICODAS SEMENTES DE GABIROBA

ÁCIDOS GRAXOS	(%)
C16:0- Palmítico	13,91±0,01
C17:0-Heptadecanoic	0,08±0,02
C18:0- Esteárico	2,67±0,04
C16:1-Palmitoleico	1,16±0,85
C17:1- Heptadecanoic	0,11±0,05
C18:1 <i>n</i> 9 c- Oléico	60,84±0,00
C18:2 <i>n</i> 6 c- Linoleico	14,15±0,01
C18:3 <i>n</i> 3 –Linolênico	0,53±0,04
C20:0- Araquidico	0,51±0,14
C20:4 <i>n</i> 6-Araquidônico	0,63±0,06
C20:1- Eicoseinoico	0,32±0,01
C22:0 - Behênico	0,33±0,06
C24:0 - Lingnocérico	0,13±0,04
Total Saturados	17,62
Total Monoinsaturados	62,42
Total Poliinsaturados	15,31
Total Trans isômeros totais	< 0,01
Não identificados	4,66

Segundo Menendez *et al.* (2005) entre os ácidos graxos monoinsaturados, o principal é o ácido oléico, que possui, como principais efeitos, a redução do colesterol total e LDL-c, sem reduzir o HDL-c.

O ácido oléico participa do metabolismo, com um papel fundamental na síntese dos hormônios. Também está presente em alta concentração no óleo de sementes de uva, canola, gergelim, girassol, soja, palma, oliva e em animais marinhos, como o tubarão e bacalhau. Esse tipo de matéria prima tem ampla aplicação na indústria farmacêutica. É muito empregado em cremes e emulsões cosméticas pelas suas propriedades emolientes e para recompor a oleosidade em peles ressecadas e com problemas de escamação. É usado em bronzeadores devido a sua capacidade de proteção e regeneração da pele dos danos e queimaduras causados pelos raios solares (SILVA, 2005).

4.8 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SUCO DE GABIROBA

Os resultados mostram que o tratamento enzimático foi eficaz, proporcionando um aumento no rendimento do suco quando comparado com a amostra controle sem adição de enzima. A parede celular do fruto contém grande variedade de polissacarídeos, entre eles as substâncias pécticas, concentradas na lamela média e parede celular primária (ALKORTA *et al.*, 1998). A extração de sucos de forma tradicional, por prensagem mecânica, provoca o rompimento da parede celular das células do mesocarpo levando à liberação do suco. No entanto, esse suco obtido por apresenta alta viscosidade e turbidez devido a grande quantidade de partículas em suspensão, uma vez que os mesmos arrastam pectina e outros polissacarídeos da parede celular (LEA, 1998). Em meio ácido, na faixa de pH 3,0 - 4,0, as moléculas de pectina estão carregadas negativamente, causando o efeito de repulsão entre as partículas de mesma carga, que ficam suspensas e são conhecidas como “partículas turvas” sendo responsáveis pela turbidez do suco. A adição de pectinases e outras enzimas despolimerizantes hidrolisam esses compostos e promovem a redução da viscosidade dos sucos (LEA, 1998).

O efeito do tratamento enzimático e do tempo de incubação aplicados para extração do suco está apresentado na Tabela 20.

TABELA 20 - EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE ENZIMA E TEMPO DE EXTRAÇÃO SOBRE RENDIMENTO, pH, BRIX E TURBIDEZ NAS AMOSTRAS DE SUCO DO FRUTO GABIROBA

TESTE	TEMPO (min)	ENZIMA (%)	REND** (%)	pH	BRIX	TURBIDEZ
1	60	0,05	58,56±0,31 ^d	3,79±0,03 ^a	10,37±0,14 ^d	0,180±0,01 ^e
2	120	0,05	76,45±0,35 ^b	3,77±0,04 ^a	10,88±0,08 ^b	0,702±0,08 ^b
3	60	0,15	65,18±0,15 ^d	3,74±0,02 ^b	10,78±0,08 ^c	0,302±0,02 ^d
4	120	0,15	79,89±0,24 ^a	3,72±0,03 ^b	11,18±0,13 ^a	1,147±0,90 ^a
P.C *	90	0,10	69,71±0,15 ^c	3,77±0,02 ^a	10,78±0,16 ^c	0,587±0,03 ^c

NOTA: Médias ± desvio padrão Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. PC*= médias do ponto central ** Rend. = rendimento.

Os rendimentos obtidos nos testes preliminares de extração do suco de gabioba variaram de 58,56 % a 79,95%. Os cálculos dos efeitos da concentração enzimática, tempo de incubação e interação desses parâmetros estão representados na Tabela 21. O cálculo dos efeitos foi feito conforme descrito por Neto, Scarmino e Bruns (2002).

TABELA 21 - EFEITO DOS FATORES VARIADOS NA OTIMIZAÇÃO EXTRAÇÃO ENZIMÁTICA DO SUCO DE GABIROBA

FATORES	EFEITO (%)
Tempo	16,27±0,56
Concentração enzima	5,03±0,21
Interação entre os fatores	1,59±0,17

O fator que mais influenciou no rendimento e nas características do suco foi o tempo de extração. O melhor rendimento em suco (79,89%) foi obtido com maior tempo de incubação (120 min) e concentração mais elevada de enzima (0,15%). O rendimento encontrado está de acordo com os resultados encontrados por Santos *et al.* (2007) para o suco de araquê tratado enzimaticamente (73%).

Bastos *et al.* (2002) concluíram que a utilização enzimas pectinolíticas aumentou o rendimento em 60% na extração da polpa de cupuaçu. Granada, Vendruscolo e Treptow (2001) aumentaram o rendimento de sucos de amora-preta em 81,73% utilizando preparado enzimático.

O aumento na concentração de enzima e tempo de incubação elevou GRADATIVAMENTE o teor de sólidos solúveis e proporcionou uma diminuição nos valores de pH, proporcionando também maior estabilidade na turbidez conforme citado por Qin, Xu e Zhang (2005). Resultados semelhantes foram obtidos por Imungi, Scheffeldt e Saint-Hilaire (1980) para suco de goiaba. Chopda e Barret (2001) observaram que a adição de pectinase a 0,15% com um tempo de incubação de 2,5 horas reduziu a viscosidade e consequentemente a turbidez do suco.

Considerando que o processamento de sucos em escala industrial requer, entre outras condições, agilidade e qualidade final, a utilização de enzimas pectinolíticas contribui para elevar a qualidade sensorial e nutricional, além de elevar o rendimento do produto final (BAGGER-JORGENSEN; MAYER, 2004).

Na obtenção do suco de gabioba o tratamento enzimático elevou o rendimento em aproximadamente 43%, melhorou a extração de compostos fenólicos, (Tabela 21) isso resultou num produto final com aspectos sensoriais pronunciados, preservando grande parte das características nutricionais do fruto. O tipo de processamento adotado para a obtenção do suco pode promover a perda de nutrientes, principalmente vitamina C e compostos fenólicos e carotenóides, porém um processamento asséptico, a ausência de luz e do oxigênio, a estocagem à baixa temperatura e o uso de embalagens inertes, ajuda a manter as qualidades do produto final (KIRBY *et al.*, 1991).

A composição físico-química para o suco extraído enzimaticamente e controle sem adição de enzimas, está apresentada na Tabela 22.

TABELA 22 - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SUCO DE GABIROBA TRATADO ENZIMATICAMENTE E DO CONTROLE SEM TRATAMENTO ENZIMÁTICO

PARÂMETROS AVALIADOS	SUCO TRATADO ENZIMATICAMENTE	AMOSTRA CONTROLE SEM TRATAMENTO ENZIMÁTICO
pH	3,72 ± 0,02 ^a	3,76 ± 0,04 ^a
Acidez titulável (mg.100mL ⁻¹ ác. cítrico)	1,23 ± 0,05 ^b	1,39 ± 0,12 ^a
Sólidos solúveis (g%)	11,97 ± 0,18 ^b	13,77 ± 0,65 ^a
Açúcar total (g%)	7,84 ± 0,08 ^a	7,93 ± 0,90 ^a
Açúcar redutor (g%)	6,59 ± 0,25 ^a	6,73 ± 0,12 ^a
Glucose (g%)	2,40 ± 0,12 ^a	2,45 ± 0,12 ^a
Frutose (g%)	4,20 ± 0,23 ^a	4,28 ± 0,41 ^a
Vitamina C (mg.100mL ⁻¹)	285,50 ± 1,04 ^a	237,20 ± 5,04 ^b
Fenólicos totais (mg.100mL ⁻¹ EGA)	125,08 ± 2,46 ^a	111,97 ± 4,87 ^b
Carotenóides totais (µg.g ⁻¹ beta-caroteno)	233,18 ± 1,23 ^a	195,65 ± 5,16 ^b
Flavonóis totais (mg.100mL ⁻¹ EQ)	58,94 ± 0,77 ^a	56,04 ± 2,03 ^b

NOTA - Suco obtido com 0,15% de enzima e 120min de incubação Médias ± desvio padrão
 AG = ácido gálico; QE = Quercetina, A.A = ácido ascórbico.
 Médias com letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa (Tukey $p \leq 0,05$).

A extração enzimática preservou 86% dos flavonóides, cerca de 80% dos carotenóides, 95% dos compostos fenólicos totais e 90% do teor de vitamina C, quando comparado com o teor dessas substâncias no fruto.

Neste trabalho a hidrólise enzimática das paredes celulares aumentou o rendimento de extração, diminuiu o conteúdo de açúcares, de matéria seca solúvel e a acidez titulável. Como consequência a polpa resultante tem baixa viscosidade e a quantidade de resíduos da polpa é reduzida (DEMIR *et al.*, 2001).

4.8.1 Determinação dos compostos bioativos no suco de gabioba durante o período de armazenamento

As variações ocorridas nos teores dos compostos fitoquímicos durante o período de armazenamento para o suco extraído da polpa da gabioba com adição de 0,15% de enzima e incubado a 50°C por 120 minutos estão apresentadas na Tabela 23.

TABELA 23 - TEORES MÉDIOS DE ÁCIDO ASCÓRBICO, CAROTENÓIDES TOTAIS, FENÓLICOS TOTAIS E FLAVONÓIDES TOTAIS PARA O SUCO DE GABIROBA DURANTE ESTOCAGEM POR 90 DIAS SOB TEMPERATURA DE REFRIGERAÇÃO $8 \pm 2^\circ\text{C}$

TEMPO DE ARMAZENAMENTO (DIAS)	VITAMINA C (mg. 100mL ⁻¹ A.A)	BETA- CAROTENO (µg. mL ⁻¹)	FLAVONÓIDES (mg. 100mL ⁻¹ QE)	COMPOSTOS FENÓLICOS (mg. 100mL ⁻¹ AG)
zero	289,56±1,32 ^a	233,18± 3,02 ^a	58,94± 0,77 ^a	125,08± 2,46 ^a
30	273,21± 3,02 ^b	223,14± 4,52 ^b	56,40± 0,98 ^b	119,69± 1,82 ^b
60	251,12± 3,02 ^c	203,47± 2,32 ^c	55,43± 1,01 ^{b,c}	109,14± 0,95 ^d
90	242,89± 3,02 ^d	190,24± 4,28 ^d	54,09± 0,82 ^c	98,05± 1,01 ^d

NOTA: Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa (Tukey $p \leq 0,05$). AG = ácido gálico; QE = Quercetina, A.A = ácido ascórbico

Durante o período de armazenamento a perda total de vitamina C para o suco de gabioba extraído enzimaticamente foi de 16,11%. Maia *et al.* (2003) ao avaliarem a estabilidade de uma bebida de baixa caloria à base de acerola (25% de

polpa), constataram redução de 16,87% no teor de vitamina C após 120 dias de armazenamento a 25°C. Matta e Cabral (2002) não observaram perdas no teor de vitamina C em suco de acerola clarificado, acondicionado em garrafas PET e de vidro, ao longo de 90 dias de armazenamento sob refrigeração (4°C), mantendo a qualidade nutricional e funcional do suco. Os resultados encontrados por esses autores refletem a influência da temperatura de armazenamento na estabilidade da vitamina C.

A redução no teor de vitamina C observado para o suco de gabirola foi inferior aos valores reportados por Yamashita, Bessassi e Tonza (2003) para o suco de acerola, que citam uma redução de 32% de vitamina C para o suco de acerola após quatro meses de armazenamento. Carvalho e Guerra (1995) observaram perda de 36,44% de vitamina C em suco de acerola integral, armazenado por 150 dias à temperatura ambiente (28°C \pm 2°C). Esses autores sugeriram como possíveis causas da degradação da vitamina C: o oxigênio contido no suco, uma vez que em seu experimento não foi realizada a desaeração; a ação da enzima ácida ascórbico oxidase, que possivelmente não foi inativada durante a pasteurização a 70 °C; e a ocorrência de reações entre a vitamina C e os compostos fenólicos, com formação de pigmentos.

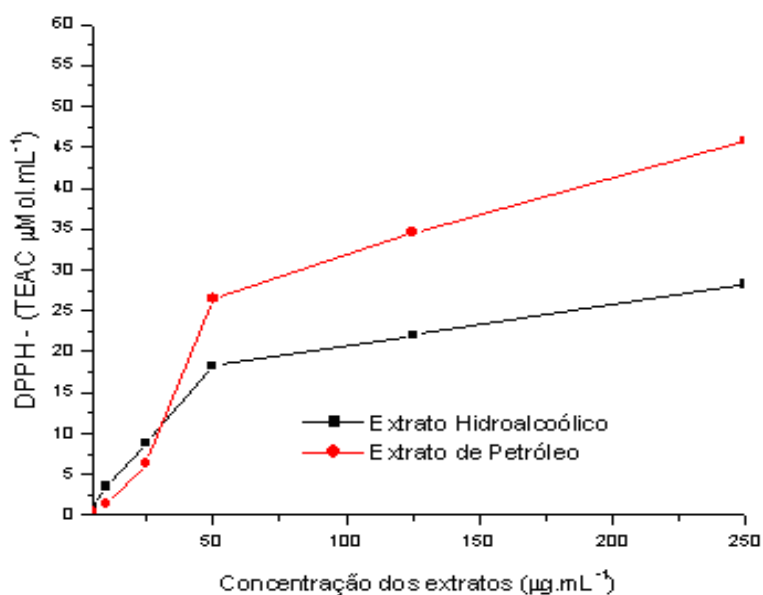
Comparando-se os teores de carotenóides, obtidos nos tempos zero e 90 dias observou-se redução da ordem de 18,41%. A maior instabilidade dos carotenóides totais das amostras do processo pode estar associada à constante exposição à luz, devido à natureza da embalagem - frasco de vidro transparente. A retenção total dos teores de compostos fenólicos e flavonóides no suco durante o período de armazenamento foi de 78,38 e 91,78% respectivamente. Os flavonóides são antioxidantes efetivos devido à suas propriedades de sequestrar radicais livres e por quelar íons metálicos (HOLLMAN; KATAN, 1999). Os compostos fenólicos geralmente têm altos potenciais redox, o que permite atuarem como agentes redutores e complexantes (KAHKONEN *et al.*, 1999). Um alto teor de compostos fenólicos resulta em uma alta atividade antioxidante total (SUN; HO 2005). As procianidinas e as quercetinas glicosadas mostram-se como os melhores antioxidantes individuais (LU; FOO, 2001).

Em bebidas, como a cerveja, café, achocolatado e vinho branco, o teor foi de aproximadamente 1mg.L⁻¹. Já, para o vinho tinto, o teor observado variou de 4 a 16mg.L⁻¹, 7mg.L⁻¹ para suco de limão e uma concentração de 3 mg.L⁻¹ em suco de

tomate. O chá preto foi a bebida que apresentou a maior concentração de quercetina, em torno de $10\text{-}25\text{mg. L}^{-1}$. O suco de gabioba apresentou um teor de $54,08\text{ mg.}100\text{ mL}^{-1}$ após 90 dias de armazenamento, valor bastante superior ao encontrado para as bebidas acima descritas.

4.8.2 Determinação do potencial antioxidante pelos métodos ABTS⁺ e DPPH[•] para o suco extraído dos frutos da gabioba

Na Figura 13 estão os resultados da avaliação da capacidade antioxidante para os extratos preparados com álcool etílico e éter de petróleo para o suco expressos em TEAC (Capacidade Antioxidante Equivalente em Trolox) aplicando a metodologia de sequestro do radical estável 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH).



NOTA : TEAC (Capacidade Antioxidante em Equivalente Trolox)

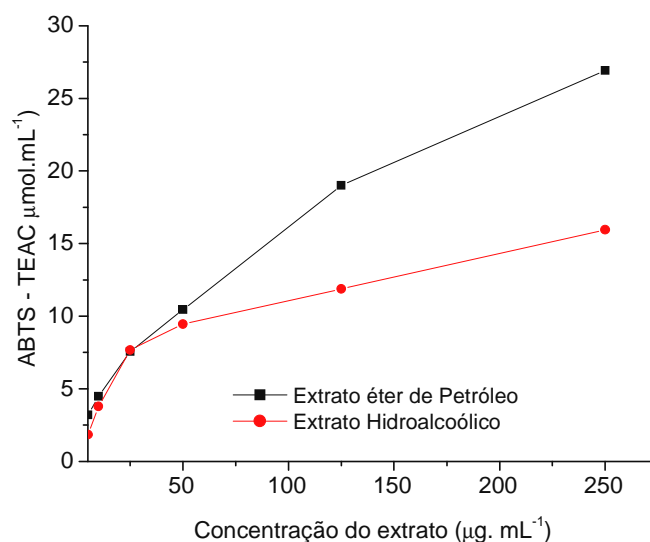
FIGURA 13 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DOS EXTRATOS PARA O SUCO DE GABIROBA EM TEAC ($\mu\text{Mol. mL}^{-1}$) PARA O METODO DPPH

Por meio da análise de regressão linear entre o percentual de inibição de oxidação e a concentração da amostra, obtiveram-se diferentes equações e coeficientes angulares que foram utilizadas para calcular o EC_{50} . O radical estável

DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazil) reage com a substância antioxidante e é convertido a 2,2-difenil-1-picril hidrazina. O grau de descoloração indica a capacidade do extrato em sequestrar o radical livre. Os valores de EC_{50} obtidos para os extratos de suco utilizando como agente extrator o álcool etílico e éter de petróleo foram 20,79 e 32,59 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ respectivamente.

Segundo Heim, Tagliaferro e Bobilya (2002), os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos. Embora a vitamina C seja considerada por alguns autores como o maior contribuinte na atividade antioxidante, Sun e Ho (2005) demonstraram que a contribuição da vitamina C na determinação da atividade antioxidante de vários frutos é baixa e afirmaram que a maior contribuição para a atividade antioxidante total de frutos se deve à presença de compostos lipofílicos. Confirmando o resultado obtido na avaliação da polpa, o extrato que apresentou maior potencial antioxidante pelo método DPPH foi o extrato hidroalcoólico.

Na Figura 14 estão expressos os resultados da avaliação da capacidade antioxidante utilizando a metodologia ABTS com os resultados expressos em TEAC para os extratos preparados com álcool etílico e éter de petróleo para o suco de gabirola.



NOTA : TEAC (Capacidade Antioxidante em Equivalente Trolox)

FIGURA 14 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DOS EXTRATOS PREPARADOS PARA O SUCO DE GABIROLA EM TEAC ($\mu\text{Mol} \cdot \text{mL}^{-1}$). PARA O MÉTODO ABTS

O ABTS⁺ é um método baseado na habilidade dos antioxidantes em capturar, o cátion radical ABTS⁺. Os resultados são expressos em capacidade antioxidante equivalente do trolox um composto sintético, análogo da vitamina E, porém hidrossolúvel. É um método de elevada sensibilidade, prático e rápido e através deste pode-se medir a atividade de compostos de natureza hidrofílica e lipofílica (KUSKOSKI *et al*, 2005). O extrato obtido com éter de petróleo apresentou maior capacidade antioxidante em relação ao extrato preparado com álcool etílico onde os valores encontrados variaram de 1,84 a 15,94 $\mu\text{Mol.mL}^{-1}$. Para a amostra de suco extraída com éter de petróleo os valores encontrados foram de 3,19 a 25,31 $\mu\text{Mol.mL}^{-1}$. TEAC Esses valores de TEAC encontrados para o suco de gabioba foram superiores aos reportados por Pellegrini *et al.* (2003) para suco de maçã (1,83 $\mu\text{Mol.mL}^{-1}$ TEAC), verificar: abacaxi (1,50 $\mu\text{Mol.mL}^{-1}$ TEAC) de laranja (3,02 $\mu\text{Mol.mL}^{-1}$ TEAC).

Thaipong *et al.* (2006) avaliaram quatro diferentes extratos de polpa de goiaba pelo método ABTS e encontraram uma média de 31,1 $\mu\text{Mol.g}^{-1}$ TEAC.

A análise de correlação mostrou alta relação positiva entre os métodos usados para avaliar a capacidade antioxidante do suco de gabioba (Tabela 24).

TABELA 24 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS BIOATIVOS E OS MÉTODOS USADO PARA AVALIAR O POTENCIAL ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DO SUCO DE GABIROBA

	AA	BC	QE	AG	DPPH EEP	DPPH EAE	ABTS EEP
AA	1,000						
BC	0,987	1,000					
QE	0,920	0,950	1,000				
AG	0,910	0,943	0,938	1,000			
DPPH-EEP	0,560	0,959	0,998	0,853	1,000		
DPPH-EAE	0,611	0,854	0,989	0,943	0,999	1,000	
ABTS-EEP	0,516	0,929	0,721	0,999	0,937	0,926	1,000
ABTS-EAE	0,544	0,902	0,934	0,951	0,952	0,939	0,915

NOTA: EEP= Extrato obtido com éter de Petróleo, EAE= Extrato obtido com álcool etílico a 80% (v/v) álcool e água. Compostos Fenólicos (AG) =Ácido gálico; Carotenóides (BC)= beta caroteno; flavonóides (QE) = Quercetina; Vitamina C (AA) = Ácido Ascórbico

Foi observada alta correlação positiva significativa ao nível de 5% entre os métodos utilizados para avaliar a capacidade antioxidante do suco extraído dos frutos de gabirola. Já correlação encontrada entre a capacidade antioxidante e os compostos bioativos variou de moderada (0,54), para vitamina C a forte (0,99), para compostos fenólicos. Esse valor confirma os dados apresentados nos estudos de Thaipong *et al.* (2006) que mostram que a capacidade antioxidante está fortemente relacionada com o teor de compostos fenólicos. No estudo de Sun (2002), foi encontrada uma relação direta ($r = 0,978$, $p < 0,01$) entre atividade antioxidante e o conteúdo de fenólicos totais.

As frutas são importantes à nutrição humana, sobretudo pelo suprimento de vitaminas e sais minerais. Os sucos de frutas tropicais atendem a estes requisitos por serem ricos em nutrientes, açúcares e substâncias antioxidantes, além de apresentarem sabor e aroma agradáveis. A composição dos sucos de frutas segundo Pinheiro *et al.* (2006), varia de acordo com a espécie, estágio de maturação, fatores climáticos e condições de cultivo das frutas. Contudo, é necessário que as técnicas de processamento e conservação de sucos sejam eficazes em manter as características originais das frutas.

4.8.3 Avaliação sensorial do suco de gabirola

As características sensoriais de um produto alimentício desempenham um papel importante em sua qualidade global, pois destas dependem a aceitação do produto no mercado (COSTA, DEKKER e JONGEN, 2001). O resultado da avaliação sensorial para as formulações de suco de gabirola está representado na Figura 15

Através da análise sensorial das amostras de suco de gabirola, observa-se que as mesmas tiveram boa aceitação, visto que a maior frequência de resposta dos provadores esteve entre as escalas de sete e oito, referindo-se à gostei regularmente e gostei muito.

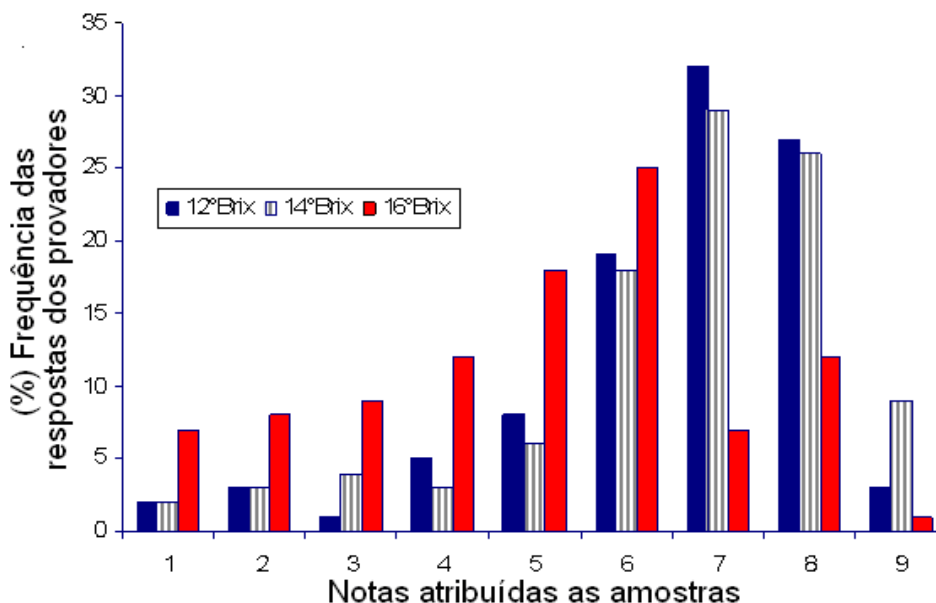


FIGURA 15 - HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DA ANÁLISE SENSORIAL DO SUCO DE GABIROBA, EM RELAÇÃO À FREQUÊNCIA DOS VALORES HEDÔNICOS ATRIBUÍDOS A IMPRESSÃO GLOBAL DAS AMOSTRAS

Como resposta a pergunta sobre a intenção de compra do novo produto 5% dos provadores responderam que não comprariam o produto, 15% responderam que provavelmente compraria e 80% responderam que comprariam.

O teste de aceitação é utilizado quando se deseja conhecer o comportamento afetivo do consumidor com relação ao produto. A amostra com 14°Brix foi a mais aceita e a com 16°Brix a menos aceita. Como resposta a pergunta sobre a intenção de compra do novo produto 5% dos provadores responderam que não comprariam o produto, 15% responderam que provavelmente compraria e 80% responderam que comprariam.

O teste de aceitação é utilizado quando se deseja conhecer o comportamento afetivo do consumidor com relação ao produto. A amostra com 14°Brix foi a mais aceita e a com 16°Brix a menos aceita.

4.8.4 Análises microbiológicas do suco de gabioba

Os resultados das análises microbiológicas das formulações de suco submetidas à análise sensorial estão apresentados na Tabela 25 e sinalizaram que

todas as amostras encontram-se dentro dos parâmetros estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001).

TABELA 25 - ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO SUCO DE FRUTOS DE GABIROBA INTEGRAL OBTIDO POR TRATAMENTO ENZIMÁTICO E SUAS FORMULAÇÕES

MICROORGANISMOS	AMOSTRAS	RESULTADOS	PADRÃO*
<i>Bactérias mesófilas</i>	SUCO INTEGRAL	$<1 \times 10 \text{ UFC.mL}^{-1}$	Não tem Padrão
	FORMULAÇÃO 12°Brix	$<1 \times 10 \text{ UFC.mL}^{-1}$	
	FORMULAÇÃO 14°Brix	$<1 \times 10 \text{ UFC.mL}^{-1}$	
	FORMULAÇÃO 16°Brix	$<1 \times 10 \text{ UFC.mL}^{-1}$	
<i>Salmonella sp.</i>	SUCO INTEGRAL	nd	Ausência em 25g
	FORMULAÇÃO 12°Brix	nd	
	FORMULAÇÃO 14°Brix	Nd	
	FORMULAÇÃO 16°Brix	nd	
Coliformes a 45°C	SUCO INTEGRAL	$<1 \times 10 \text{ UFC.g}^{-1}$	$2 \times 10^3 \text{ ufc.g}^{-1}$
	FORMULAÇÃO 12°Brix	$<1 \times 10 \text{ UFC.g}^{-1}$	
	FORMULAÇÃO 14°Brix	$<1 \times 10 \text{ UFC.g}^{-1}$	
	FORMULAÇÃO 16°Brix	$<1 \times 10 \text{ UFC.g}^{-1}$	

Nota *BRASIL (2001);

nd = não detectado

UFC,mL⁻¹ = unidade formadora de colônias por grama

4.9 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO DOCE EM MASSA DE GABIROBA

A Tabela 26 apresenta a composição físico-química dos doces elaborados com polpa de gabioba.

Os valores do pH e acidez titulável apresentaram diferença significativa ($p=0,009$ e $0,004$) entre as formulações de doce. A acidez natural do fruto é suficiente para a elaboração do doce convencional não necessitando de adição de acidulante. Os valores de acidez das formulações foram similares aos resultados encontrados por Nachtigall *et al.* (2004) no preparo de geléia de amora de baixo valor calórico ($1,22\text{mg.}100\text{g}^{-1}$) utilizando também sucralose e xantana em sua preparação e também para geléia light de abacaxi observado por Granada *et al.* (2005).

Não houve diferença significativa ($p = 0,075$) entre as amostras para os valores de lipídeos e para o teor de proteína que também apresentou $p > 0,0$

TABELA 26 - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS DOCES ELABORADOS COM POLPA DE GABIROBA

PARÂMETROS AVALIADOS	DF1	DF2	DF3	DF4
Umidade (g%)	24,95±0,44 ^c	30,35±0,42 ^b	36,75±0,24 ^a	35,12±0,18 ^a
pH	3,52±0,03 ^a	3,22±0,03 ^b	3,12±0,03 ^c	3,11±0,06 ^c
Acidez titulável	1,19±0,29 ^b	1,24±0,09 ^a	1,25±0,63 ^a	1,27±0,27 ^a
Açúcar total (g%)	58,07±0,13 ^a	32,54±0,21 ^b	10,09±0,33 ^c	9,59±0,48 ^d
Açúcar redutor (g%)	39,43±0,54 ^a	26,8±0,48 ^b	8,65±0,14 ^c	7,77±0,29 ^c
Proteína (g%)	0,50±0,06 ^a	0,48±0,08 ^a	0,47±0,12 ^a	0,43±0,03 ^b
Cinzas (g%)	1,12±0,11 ^{c,d}	1,22±0,14 ^c	1,42±0,09 ^{a,b}	1,55±0,26 ^a
Lipídios (g%)	0,92±0,09 ^a	0,88±0,09 ^a	0,89±0,11 ^a	0,87±0,14 ^a
Fibra alimentar (g%)	8,03±0,18 ^d	10,9±0,12 ^c	11,83±0,08 ^b	13,69±0,29 ^a
Vitamina C (A.A mg.100g ⁻¹)	97,39±4,88 ^c	97,43±5,18 ^c	113,37±3,88 ^b	123,66±6,31 ^a
Compostos fenólicos (AG mg.100g ⁻¹)	32,21±2,29 ^c	33, 2±2,14 ^c	68,95±3,20 ^b	72,85±4,15 ^a
Carotenóides totais (beta-caroteno µg.g ⁻¹)	74,81±2,03 ^c	80,31±1,93 ^b	86,39±3,33 ^a	87,66±2,53 ^a

Nota: DF1: polpa e sacarose (1:1); DF2: polpa, sacarose, 5% sucralose e pectina; amostra DF3: polpa, sucralose, pectina, goma xantana, cloreto de cálcio, ácido cítrico; DF 4: polpa, sucralose, pectina, goma xantana, cloreto de cálcio, ácido cítrico.

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. AG = equivalente em ácido gálico mg.100g⁻¹ A.A = ácido ascórbico mg.100g⁻¹, Carotenóides totais em beta-caroteno (µg.g⁻¹)

Observou-se uma retenção de 23 a 32% do teor de vitamina C nas formulações de doce de gabirola sendo que a maior retenção foi na amostra DF4. Os cálculos de retenção dos teores vitamina C nos doces levaram em conta a quantidade de polpa adicionada em cada formulação. Jawaheer, Goburdhun e Ruggoo (2003) observaram retenção de 37,5% de ácido ascórbico em geléia de goiaba. Segundo Torezan (2000), a perda de vitamina C é mais elevada em doce preparado de forma convencional, em razão do tempo de processamento ser mais elevado, no caso do doce em massa sem adição de açúcar, o tempo de cocção é menor, pois a função básica do tratamento térmico é promover a dissolução dos ingredientes da mistura e a destruição de microrganismos.

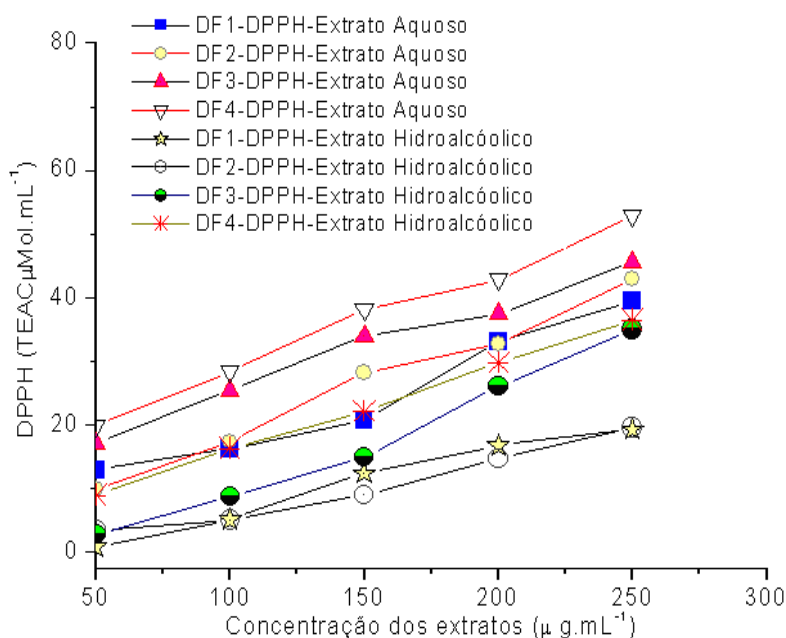
A retenção de carotenóides nas formulações de doce DF1 e DF2 foi em média 25,72% e para as formulações DF3 e DF4 retenção média do teor de carotenóides foi 30,14% em relação ao teor dessas substâncias na polpa.

Segundo Toor e Savage (2006) o tratamento térmico não muito severo (temperatura em torno de 80° C) pode incrementar o número de grupos fenólicos

livres no sistema, devido ao aumento da extração desses compostos. Este aumento pode justificar maior retenção Dos compostos fenólicos nas formulações de baixo valor calórico (DF3 e DF4) onde o tempo de processamento foi menor em relação às formulações elaboradas com adição de açúcar (DF1 e DF2). A diferença encontrada na composição química das formulações de doces em massa de gabirola deve-se também à quantidade diferenciada de polpa presente na formulação.

4.9.1 Potencial antioxidante para pelo método ABTS⁺ e DPPH[•] para o doce em massa gabirola

Na Figura 16 estão os resultados da avaliação da capacidade antioxidante para os extratos aquoso e hidroalcoólico das formulações de doce em massa, elaborados com a polpa da gabirola, cujos, os resultados foram expressos em TEAC (Capacidade Antioxidante Equivalente em Trolox) aplicando a metodologia de sequestro do radical estável 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH).



NOTA: DF1: polpa e sacarose (1:1); DF2: polpa, sacarose, 5% sucralose e pectina; amostra DF3: polpa, sucralose, pectina, goma xantana, cloreto de cálcio, ácido cítrico; DF 4: polpa, sucralose,

FIGURA 16 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* PARA DOCE EM MASSA DE GABIROLA PELO MÉTODO DPPH TEAC (μM.mL⁻¹) PARA EXTRATO AQUOSO E HIDROALCOÓLICO

As formulações DF1 e DF2 preparadas com adição de sacarose apresentaram menor capacidade antioxidante (Figura 16), enquanto que as formulações DF3 e DF4 preparadas sem adição de sacarose e elaboradas em menor tempo de cocção apresentaram maior capacidade antioxidante e maior retenção de compostos bioativos (Tabela 26). O mesmo pode ser observado para o teste com método ABTS no qual, as formulações que apresentaram maior capacidade antioxidante foram DF3 e DF4 preparadas sem adição de sacarose e elaboradas em menor tempo. Não foi encontrado na literatura produto elaborado em condições similares para comparação.

Na Figura 17 estão expressos os resultados da avaliação da capacidade antioxidante para as formulações de doces, utilizando as metodologias ABTS com resultado expresso em TEAC ($\mu\text{Mol.mL}^{-1}$) para os extratos aquosos e hidroalcoólicos.

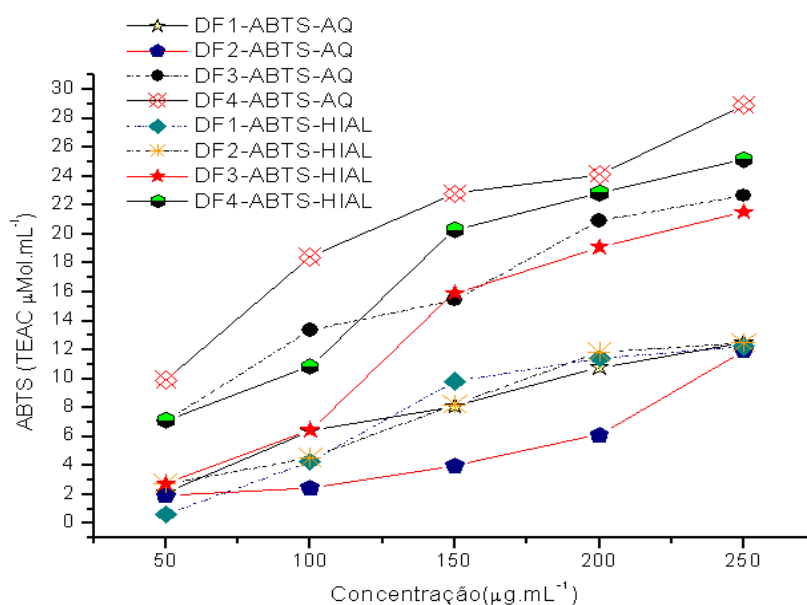


FIGURA 17 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* PARA DOCE EM MASSA DE GABIROBA PELO MÉTODO ABTS TEAC ($\mu\text{M.mL}^{-1}$) PARA EXTRATO AQUOSO E HIDROALCOÓLICO

Todos os extratos das formulações apresentaram atividade antioxidante significativa ($p \leq 0,05$), principalmente nas concentrações mais altas ($250 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Verificou-se também que a capacidade antioxidante dos extratos está diretamente relacionada com o teor de compostos bioativos retido pelos doces (Tabela 26).

De acordo com Zheng e Wang (2001), é muito difícil comparar e caracterizar *in vitro* as atividades antioxidantes de extratos, devido à diversidade e complexidade das misturas naturais dos diferentes compostos bioativos presentes na matriz. A ação de um antioxidante no alimento depende de vários fatores sendo um dos principais e talvez o mais importante os tipos de radicais livres formados, onde e como são formados. A forma como é analisada e a metodologia utilizada, bem como as concentrações ideais para obter proteção também são fatores relevantes (BIRCH *et al.*, 2001).

Segundo mesmo autor, o método DPPH é mais eficiente para frações polares que contêm mais compostos fenólicos, que por sua vez possuem maior poder doador do que outros compostos. Esse método não identifica substâncias pró-oxidantes; já, o método ABTS identifica também substâncias pró-oxidantes como a vitamina C (ZHENG; WANG, 2001).

A análise de correlação mostrou que as formulações de doce em massa apresentam uma relação positiva ($p \leq 0,05$), entre os o teor de compostos bioativos e atividade antioxidante para ambos os métodos ABTS e DPPH (Tabela 27).

TABELA 27 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS BIOATIVOS E OS MÉTODOS USADOS PARA AVALIAR O POTENCIAL ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DAS FORMULAÇÕES DE DOCE EM MASSA DE GABIROBA

	AA	CF	BC	ABTS-EAE	ABTS-EAQ	DPPH-EAE	DPPH-EAQ
AA	1,00						
CF	0,97	1,00					
BC	0,90	0,93	1,00				
ABTS-EAE	0,57	0,79	0,85	1,00			
ABTS-EAQ	0,65	0,94	0,93	0,93	1,00		
DPPH-EAE	0,75	0,89	0,82	0,88	0,99	1,00	
DPPH-EAQ	0,63	0,87	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00

NOTA: EAQ= Extrato obtido com água destilada, EAE= Extrato obtido com álcool etílico a 80% (v/v) álcool e água. Compostos Fenólicos (AG) =Ácido gálico; Carotenóides (BC)= beta caroteno; flavonóides (QE) = Quercetina; Vitamina C (AA) = Ácido Ascórbico

Os compostos fenólicos e carotenóides apresentaram uma forte correlação positiva significativa com a atividade antioxidante. De acordo com Heim, Tagliaferro e Bobilya (2002), os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em alimentos a base de fruta. De acordo com Hassimoto, Genovese e Lajolo (2005), a atividade antioxidante de um alimento não é atribuída apenas a um composto isoladamente, mas ao sinergismo existente entre as diversas substâncias com ação antioxidante, presentes no alimento. Esse fato pode justificar a correlação significativa da capacidade antioxidante com compostos bioativos analisados neste trabalho.

4.9.2 Análises reológicas das formulações de doce em massa de gabioba

O conhecimento das propriedades reológicas de produtos derivados de fruta é de extrema importância para indústria de alimentos, pois esses são formados por sistema bifásico, composto por partículas sólidas dispersas em meio aquoso, o que os torna bastante instáveis para otimização dos processos industriais. As propriedades reológicas também influenciam na etapa de desenvolvimento de novos produtos, pois há uma correlação entre os parâmetros físicos e sensoriais (GUERRERO; ALZAMORA, 1997).

A utilização de polissacarídeos, de forma isolada ou associada como agentes geleificantes, pode beneficiar as propriedades reológicas dos doces em massa sem adição de açúcar (RIBEIRO *et al.*, 2004).

A Figura 18 apresenta os efeitos da tensão de cisalhamento (Pa) sobre a taxa de cisalhamento (1/s) para as formulações de doce preparadas com polpa de gabioba, onde podemos observar que apresentam um comportamento pseudoplástico.

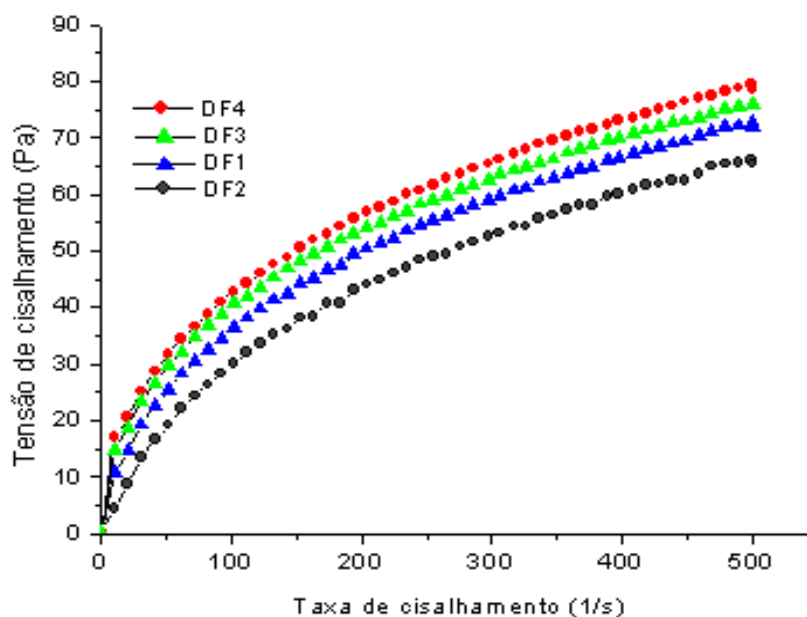


FIGURA 18 - EFEITO DA TENSÃO DE CISALHAMENTO (PA) SOBRE A TAXA DE CISALHAMENTO (1/S) NA TEMPERATURA AMBIENTE (25°C) PARA AS FORMULAÇÕES DE DOCE EM MASSA DE GABIROBA

Vários modelos reológicos teóricos e empíricos têm sido propostos na literatura, como os modelos de Newton, de Ostwald-de Waele ou Lei da Potência e Herschel-Bulkley entre outros, cuja função é a representação matemática dos valores experimentais de tensão de cisalhamento e de taxa de deformação, a qual se baseia em aspectos teóricos relacionados com a estrutura dos fluidos (BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2002).

O modelo da Lei da Potência é um dos mais extensivamente empregados para descrever o comportamento reológico dos sucos de frutas naturais e das polpas de frutas (RAO, ANANTHESWARAN 1982), os quais normalmente apresentam em sua composição algum tipo de polissacarídeo que normalmente é responsável pela viscosidade do meio (BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2002).

A Tabela 28 apresenta as constantes reológicas baseadas no modelo matemático Lei da Potência e Herschel-Bulkley onde se verificou que o aumento do índice de consistência K (Pa.s^n) foi proporcional a adição de pectina e goma xantana nas formulações.

TABELA 28 - CONSTANTES REOLÓGICAS BASEADAS NO MODELO LEI DA POTÊNCIA E HERSCHEL-BULKLEY PARA AS FORMULAÇÕES DE DOCE EM MASSA DE GABIROBA

MODELO LEI DA POTÊNCIA OU OSWALD - DE WAELE						
FORMULAÇÕES	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA K (Pas ⁿ)	ÍNDICE DE COMPORTAMENTO DO FLUIDO (n)	χ^2	SQR	R ²	
DF1	23,76	0,14	0,36	8,42	0,994	
DF2	24,05	0,16	0,37	8,17	0,998	
DF3	73,38	0,11	1,12	26,02	0,996	
DF4	70,12	0,13	1,07	24,86	0,995	

MODELO HERSCHEL-BULKLEY						
FORMULAÇÕES	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA K (Pas ⁿ)	ÍNDICE DE COMPORTAMENTO do fluido (n)	TENSÃO INICIAL τ_0 (Pa)	χ^2	SQR	R ²
DF1	23,94	0,39	2,336	1,38	5,91	0,983
DF2	23,95	0,41	2,314	1,36	5,90	0,986
DF3	39,04	0,43	3,496	3,12	9,62	0,994
DF4	38,16	0,43	3,487	3,10	9,41	0,989

NOTA: SQR (soma do quadrado dos resíduos), R² (coeficiente de correlação), χ^2 (qui-quadrado)

Os parâmetros estatísticos para os dois modelos matemáticos Herschel-Bulkley e Lei da Potência descreveram o sistema com elevado coeficiente de correlação ($R^2 > 0,98$) e também o Qui-quadrado (χ^2) apresentou baixos valores, indicando que ambos apresentaram bom ajuste. Comparando-se os modelos matemáticos utilizados, observou-se que o modelo Lei da Potência descreve melhor o comportamento reológico dos doces em massa de gabirola, pois apresentou melhores coeficientes de correlação linear e valores de Qui-quadrado (χ^2) menores que o modelo Herschel-Bulkley. De acordo com a literatura, a força do gel em formulações contendo pectina varia com a concentração, pH e conteúdo de cálcio. Tem-se uma boa força de gel normalmente com pH 3,0 a 3,5, mas géis excelentes foram conseguidos com a utilização de uma mistura de pectina e xantana na presença de cálcio (EVAGELIOU; RICHARDSON; MORRIS, 2000). Porém, de acordo com os autores, altas concentrações de cálcio levam a um gel quebradiço com tendência à sinérese e eventualmente com desintegração da estrutura por cristalização extensiva (FISZMAN; DURÁN 1989).

A estrutura ramificada e a alta massa molecular conferem à goma xantana uma alta viscosidade, mesmo em baixas concentrações. A rede tridimensional formada por associações de cadeias de goma xantana tem eficiente estabilidade para suspensões e emulsões. Muitas das propriedades reológicas dos polissacarídeos derivam de sua conformação dupla-hélice adotada em solução (TAKO; NAKAMURA, 1984).

Geralmente, o pH tem pouco efeito na viscosidade de soluções de goma xantana. nas faixas encontradas em processos alimentícios, sua viscosidade alta e uniforme é mantida por longos períodos de tempo na faixa de pH 2 - 12, com alguma redução de viscosidade em valores extremos de pH. A goma xantana possui baixo aporte energético ($0,5 \text{ kcal.g}^{-1}$) e como agente de liga, melhora a textura, aumenta o teor de sólidos solúveis e promove a estabilização evitando sinérese de produtos sem adição de açúcares (FISZMAN; DURÁN 1989).

A temperatura e a substituição da sacarose pela sucralose influenciam significativamente a textura do doce elaborado com polpa de gabirola, como mostram as (Figuras 19 e 20).

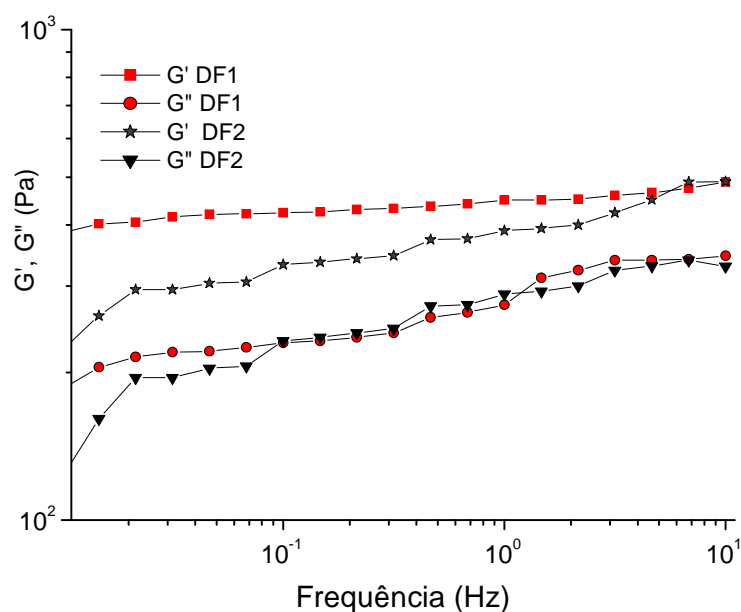


FIGURA 19 - EFEITO DA FREQUÊNCIA (HZ) SOBRE O MÓDULO DE ARMAZENAMENTO (G') E PERDA (G'') PARA AS FORMULAÇÕES DF1 E DF2 DE DOCE DE GABIROLA

Entre as formulações preparadas apenas com sucralose e polpa dos da gabirola a formulação DF4 apresentou um gel mais forte por conter em um maior teor de goma xantana (3,6%) em relação a DF3.

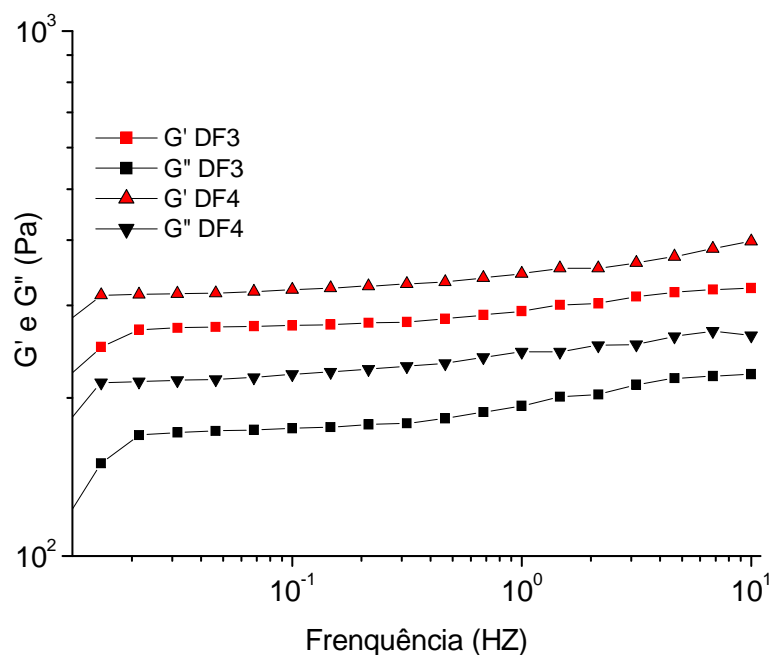


FIGURA 20 - EFEITO DA FREQUÊNCIA (HZ) SOBRE O MÓDULO DE ARMAZENAMENTO (G') E PERDA (G'') PARA AS FORMULAÇÕES DF3 E DF4 DE DOCE DE GABIROBA

A principal característica exibida pela goma xantana é sua habilidade de modificar o comportamento reológico das suas soluções. Esta variação está relacionada principalmente à composição química, arranjo e/ou ligação molecular e massa molar média da goma xantana. A concentração da solução de biopolímeros possui efeito direto na viscosidade (GARCÍA-OCHOA, *et al.*, 2000).

4.9.3 Análise microbiológica das formulações de doce em massa de gabirola

Às características microbiológicas, observou-se (Tabela 29) que os doces elaborados armazenados pelo período de 90 dias em temperatura de refrigeração apresentaram-se dentro dos padrões recomendados pela ANVISA (Brasil, 2001).

TABELA 29 - CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DAS FORMULAÇÕES DE DOCE EM MASSA DE GABIROBA

MICRORGANISMOS	TEMPO	DF1	DF2	DF3	DF4	Padrão *
	(dias)					
	UFC. g ⁻¹					
Bolores e leveduras	Zero	<10	<10	<10	<10	10 ⁴
	90	<10	<10	<10	10 ²	10 ⁴
Coliformes a 45°C	Zero	<10	<10	<10	<10	10 ²
	90	<10	<10	<10	<10	10 ²
Salmonella sp em 25g de amostra	Zero	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus. 25g
	90	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus. 25g

* **NOTA:** RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001 do Ministério da Saúde

UFC/g - Unidades formadoras de colônias, Aus.25g - Ausência em 25g do produto

4.9.4 Análise sensorial das formulações de doce em massa de gabirola

A análise sensorial vem sendo aplicada no desenvolvimento e melhoramento de produtos, controle de qualidade, estudos sobre armazenamento e desenvolvimento de processos (PÉREZ; GERMANI, 2007). A Figura 21 apresenta as médias das avaliações sensoriais feitas por provadores não treinados com formulações de doce em massa elaborado com gabirola.

A formulação DF1 foi o doce em massa da polpa dos frutos de gabirola mais aceito pelos provadores, recebendo o maior número de indicações no atributo gostei muito e muitíssimo. O doce em massa DF3 foi o menos aceito, recebendo o maior número de desgostei muitíssimo. Segundo Teixeira, Meinert e Barbeta (1987) para que um produto seja considerado como aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha um índice de aceitabilidade mínimo de 70%. Sendo assim apenas as formulações DF1 e DF2 foram aceitas, pois

as formulações DF3 e DF4 apresentaram em média 60% de aprovação, tendo o maior índice de resposta entre gostei ligeiramente e gostei regularmente.

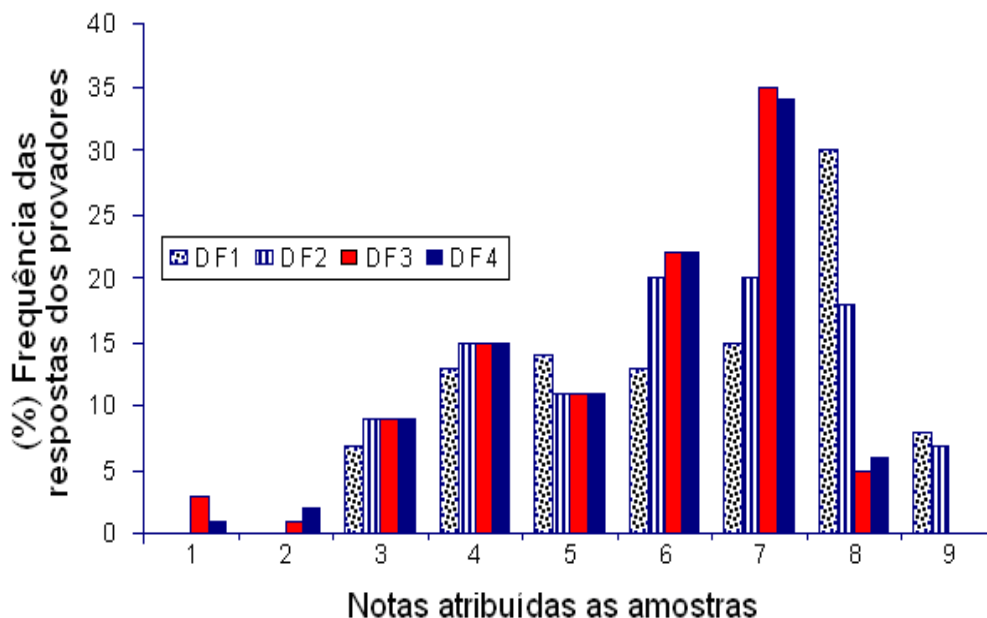


FIGURA 21 - HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DA ANÁLISE SENSORIAL PARA OS DOCES DE GABIROBA, EM RELAÇÃO À FREQUÊNCIA DOS VALORES HEDÔNICOS ATRIBUÍDOS A IMPRESSÃO GLOBAL DAS AMOSTRAS

Em geral, as amostras apresentaram aceitação variando entre gostei ligeiramente, gostei muito e algumas respostas para muitíssimo.

Em respostas à pergunta feita aos provadores a respeito da intenção de compra 23% responderam que não comprariam o produto, 45% responderam que comprariam e 32% responderam que provavelmente comprariam.

5 CONCLUSÕES

As medidas de tamanho dos frutos mostraram que as variações ocorridas no comprimento durante o período de maturação da gabirola foram de 6,34% e no diâmetro 5,61%. Em relação à densidade os valores médios obtidos situaram-se entre 0,97 e 1,0g.cm⁻³ para todos os estádios de maturação, não ocorrendo diferença estatística entre os estádios de maturação.

Observou-se redução na acidez total titulável com o avanço do estágio de maturação. Os teores de sólidos solúveis aumentaram com avanço da maturação da gabirola.

Verificou-se que as variáveis que mais contribuíram para explicar a variabilidade entre os frutos de gabirola coletados em três diferentes estádios de maturação foram o rendimento em polpa, com 30,88%, e as variáveis relacionadas à mudança de coloração que estão ligadas à tonalidade e saturação da cor: ângulo Hue (tonalidade), croma (índice de saturação) e b* (amarelo), com 20,21; 19,31 e 17,74%, respectivamente. O diâmetro, comprimento e acidez total apresentaram os menores estimativas de medida da importância relativa para cada variável em estudo não se revelando importantes para a avaliação da divergência geral entre os frutos de gabirola coletados em diferentes regiões.

O fruto da gabirola pode ser considerado como fonte de vitamina C, pois uma porção de 50g equivalente a aproximadamente cinco frutos fornece 156 mg de vitamina C suprimindo as recomendações de ingestão diária.

O teor de beta caroteno um importante precursor da vitamina A corresponde a aproximadamente 42% dos carotenóides totais (290,84 µg.g⁻¹) encontrados no fruto da gabirola.

O fruto também apresentou teores satisfatórios de flavonóides e compostos fenólicos totais de 67,97±3,62mg.100g⁻¹ QE e 131,90±1,09mg.100g⁻¹ AG, respectivamente.

Os teores de minerais (mg.100g⁻¹) como ferro (3,38±0,05); cálcio (28,06±0,96) fósforo (25,92±0,78) e zinco (1,55±0,02) foram superiores aos encontrados em frutos popularmente conhecidos e consumidos como a banana e a maçã.

A polpa congelada de gabirola apresentou boa estabilidade durante o período de armazenamento (180 dias) preservando grande parte de seus

micronutrientes. Preservou 90% do teor de compostos fenólicos totais; 94,65% dos flavonóides; 76,48% do teor de vitamina C e 77,02% do teor de carotenóides totais.

As frações de pectinas isoladas da polpa de gabioba apresentaram-se constituídas principalmente por ácido urônicos, arabinose, galactose e ramnose em diferentes proporções. As condições de extração interferiram na composição monossacarídica, grau de esterificação e poder geleificante dos polissacarídeos. Na concentração de 30g.L^{-1} as pectinas apresentaram comportamento pseudoplástico. Todas as frações de pectinas isoladas formaram géis. Todas as frações de pectinas extraídas da gabioba, mesmo as obtidas nas condições mais drásticas, apresentaram como característica resistência frente às variações de temperatura. Quando submetidas a ciclos de aquecimento e posterior resfriamento estes géis retornam à sua estrutura original.

O óleo obtido da semente dos frutos da gabioba apresentou consideráveis teores de compostos bioativos e os resultados dos teores de ácidos graxos indicaram alto grau de insaturação. Através de processos de extração por solventes foi obtido um produto rico em ácido oléico (60,84%) e linoléico (14,15%)

A utilização de enzimas visando ao aumento da extração de suco foi efetiva. O suco extraído enzimaticamente apresentou boa retenção dos compostos bioativos e considerável potencial antioxidante. O suco também apresentou uma boa aceitação sensorial.

Os frutos gabioba mostraram-se adequados para a fabricação de doce em massa tanto em formulações convencionais como nas formulações de valor calórico reduzido. Os doces apresentaram considerável valor nutricional devido à boa retenção de vitamina C, compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante.

As formulações de doce em massa e suco elaborados com os frutos da gabioba também apresentaram uma boa aceitação sensorial, portanto, sendo uma boa alternativa para agregar valor e incentivar seu consumo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12806**: análise sensorial de alimentos e bebidas – terminologia. Rio de Janeiro, 1993.
- ABU-JDAYIL, B., AL-MALAH, K., ASOUD, H. Rheological characterization of milled sesame (teherineh). **Food Hydrocolloids**, v.16, p. 55-56, 2002.
- ADAMS, G. A. Complete acid hydrolysis. **Methods in Carbohydrates Chemistry**, v. 5, p. 269-276, 1965.
- AHERNE, S. A.; O'BRIEN, N. M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Journal of Nutrition**, v.18, p.75-81, 2002.
- ALBERSHEIM, P.; DARVILL, A.G.; O'NEILL, M.A.; SCHOLS, H.A.; VORAGEN, A.G.J. An hypothesis: the same six polysaccharides are components of the primary cell walls of all higher plant: Pectins and Pectinases. **Progress in Biotechnology**, v. 14, p.47-55, 1996.
- ALKORTA, I.; GARBISU, C.; LLAMA, M. E SERRA, M. J. Industrials applications of pectic enzymes: a review. **Process Biochemistry**, v. 33, p. 21-28, 1998.
- ALONSO, M. L.; GARZÓN, E.; MELCÓN, B.; ZAPICO, J. Diseño experimental en reologia de alimentos líquidos y semilíquidos; I. comportamiento de flujo inicial de alimentos infantiles preparados. **Alimentaria**, v. 27, p. 53-57, 1990.
- AMARA-MOKRANE, Y. A., LEHUCHER-MICHEL, M. P., BALANSARD, G., DUMÉNIL, G., BOTTA, A. Protective effects of α -hederin, chlorophyllin and ascorbic acid towards the induction of micronuclei by doxorubicin in cultured human lymphocytes. **Mutagenesis**, v.11, p.161-167, 1996.
- AMERICAN OIL CHEMISTS'SOCIETY. **Official methods**, 3th ed., New York: Champaign, 1983.
- ANDRADE, N. J.; MARTYN, M. E. L. **Limpeza e sanitização na indústria de alimentos**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1996. 39p.
- ANGELIS, R. C. de. **A importância dos alimentos vegetais na prevenção da saúde**: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas. 2. Ed. São Paulo: Atheneu, 2005, 295p.
- ARCHBOLD, D. D.; POMPER, K. W. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics. **Post harvest Biology and Technology**, v. 30, p. 99 -103, 2003.
- ARPAIA, M. L. Preharvest factures influencing. Post harvest quality of tropical and subtropical fruit. **Horticulturist Science**, v. 29, p.982-985, 1994.

A.O.A.C. - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. HORWITZ, W., 13. ed. A.O.A.C, 1980, 950p.

A.O.A.C. - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16. ed. Washington: A.O.A.C, 1997. 850p.

A.O.A.C. - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 12. ed. Washington: A.O.A.C, 2000. 1115p.

ASSUNÇÃO, R. B.; MARCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographies effects. **Food Chemistry**, v.81, p.495-502, 2003.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.

BAGGER-JORGENSEN, M.; MAYER, S.A. Effects of different enzymatic pre-press maceration treatments on the release of phenols into blackcurrant juice. **Food Biotechnology & Engineering Group**, v. 10, p. 217-224, 2004.

BARNES, H. A.; WALTERS, K. The yield stress myth. **Rheological Acta**. v.24, p.323-326, 1985.

BARREIROS, A. L. B. S., DAVID, J. M., DAVID, J.P. Oxidative stress: Relations between the formation of reactive species and the organism's defense. **Química Nova**, v.29, p.113-123, 2006.

BASTOS, M.S.R.; GURGEL, T.E.P.; SOUSA FILHO, M.S.M. Efeito da aplicação de enzimas pectinolíticas no rendimento da extração de polpa de cupuaçu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.240-242, 2002.

BEHLING, E.; SENDÃO, M.; FRANCESCATO, H.; ANTUNES, L.; BIANCHI, M. Flavonóide quercetina: Aspectos gerais e ações biológicas. **Revista Alimentos e Nutrição**, v. 15, p.285-292, 2004.

BIAVATTI, M. W.; FARIAS, C.; CURTIUS, F.; BRASIL, L. M.; HORT, S.; SCHUSTER, L.; LEITE, S. N.; PRADO, S. R. T. Preliminary studies on *Campomanesia xanthocarpa* (Berg.) and *Cuphea carthagenensis* (Jacq.) J. F. Macbr. Aqueous extract: weight control and biochemical parameters. **Journal of Ethno pharmacology**, v. 93, p. 385-389, 2004.

BIERI, J. G. Comments on the new dietary reference intake for vitamin E. **American Journal of Clinical Nutrition**. v.75, p.781, 2002.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Transport Phenomena**. Second edition. New York: John Wiley & Sons, 2002. 895 p.

BIRCH, A.E.; FENNER, G. P.; WATKINS, R.; BOYD, L. C. Antioxidant proprieties of evening primrose seed extracts, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p. 4502-4507, 2001.

BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A; CARVALHO, D. V. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi "*Smooth Cayenne*". **Revista Ciência Agrotecnológica**, v. 26, p. 362-367, 2002.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technology (LWT) - Journal Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - Ministério da Saúde. Resolução RDC nº. 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - Ministério da Saúde. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005b.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada da Secretaria de Vigilância Sanitária nº12. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2001.

BRASIL; I. M., MAIA; G. A.; FIGUEIREDO, R. W. Physical-chemical changes during extraction and clarification of guava juice. **Food Chemistry**, v. 54, p.383-386, 1995.

BRUNINI, M. A; OLIVEIRA, A. L.; VARANDA, D. B. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba 'Paluma' armazenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.394-396, 2003.

BUENO, S. M. Avaliação da qualidade da polpa de frutas congeladas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.62, p.121-126, 2002.

BURNS, J.; GARDNER, P. T.; MATTHEWS, D.; DUTHIE, G. G.; LEAN, M. E.; CROZIER, A. Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.5797-808, 2001.

CARDOSO, L. G.V.; PICCOLO; BARCELOS, M. F; OLIVEIRA, A. F. de; RIBEIRO, J. A PEREIRA; ABREU, W.C. ; PIMENTEL, F. A; Características físico-químicas e perfil de ácidos graxos de azeites obtidos de diferentes variedades de oliveiras introduzidas no Sul de Minas Gerais – Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, p. 127-136, 2010.

CARDOSO, R. C. D; CHISTÉ, R. C; MOREIRA, D. L. T; MOURA, J. A. A; BRAGA, F.EB. Caracterização físico-química e sensorial da geléia elaborada com araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vagh) **Revista Econômica do Nordeste**, v.30, p.184-195, 2004.

CARPITA, N. C.; GIBEAUT, D. M. Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. **Plant Journal**, v. 3, p.1-30, 1993.

CARPITA, N.; McCANN, M.; GRIFFING, L. R. The plant extra cellular matrix: News from the cell's frontier. **The Plant Cell**, p.1451-1463, 1996.

CARRARA, M. S.; CARRARA, D. **Importância econômica e medicinal de duas espécies de Campomanesia**. In: Congresso Nacional de Botânica, n. 47, 1996, Nova Friburgo. Resumos. Nova Friburgo: Sociedade Botânica do Brasil, 1996, p.312.

CARVALHO, I. T.; GUERRA, N. B. Suco de acerola: estabilidade durante o armazenamento. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. **Cultura da acerola no Brasil: produção de mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995, p. 102-105.

CARRINGTON, C.M.S.; KING, R.A.G. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* D.C. **Scientia Horticulturae**, v.92, p.1-7, 2002.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. revisada e ampliada. UFLA, 2005. 785 p.

CHOPDA, C. A.; BARRETT, D. M., OPTIMIZATION OF GUAVA JUICE AND POWDER PRODUCTION. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.25, p. 411-430, 2001.

CHUM, O. K. Contribution of individual polyphenolic to total antioxidant capacity of plums. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.5, p. 7240-7245, 2003.

CORREIA, L. C. **Similaridade genética em acessos de goiabeiras e araçazeiros: análises químicas e bioquímicas dos frutos**. Tese de Doutorado-Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 2010. 102 p.

COSTA, A. I. A.; DEKKER, M.; JONGEN, W. M. F. Quality function deployment in the industry food: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 11, p. 306-314, 2001.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004, v. 01, 480p.

DAVIES, B.H. Carotenoids. In: GOODWIN, T.W., ed. **Chemistry and biochemistry of plant pigments**. London: Academic Press, v. 2, p. 38-165, 1976.

DEMIR, N.; ACAR, J.; SARIOGLU, K.; MUTLU, M. The use of commercial pectinase in fruit juice industry: immobilized pectinase for mash treatment. **Journal of Food Engineering**, v.47, p. 275-280, 2001

DESCHNER, E. E; RUPERTO, J. ; WONG, G.; NEWMARK, H. L. Quercetin and rutin as inhibitors of azoxymethanol-induced colonic neoplasia. **Carcinogenesis**, v. 7, p. 1193-1196, 1991.

DIPLOCK, A. T. Functional food science and defence against reactive oxidative species. **British Journal of Nutrition**, v. 80, p. 77-112, 1998.

DONG, Q.; FANG, J. Structural elucidation of a new arabinogalactan from the leaves of *Nerium indicum*. **Journal Carbohydrate Research**, v. 332, p.109-114, 2001.

DOWD, L. E., Spectrophotometric determination of quercetin, **Journal Analytical Chemistry**, v.31, p.1184-1187, 1959.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A., SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analitical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

DUTHIE, S. J., M. A, A., ROSS, M. A., COLLINS, A. R. Antioxidant supplementation decreases oxidative DNA damage in human lymphocytes. **Journal Cancer Research**, v.56, p.1291-1295, 1996.

ENDRESS, H. U.; DÖSCHL-VOLLE, C.; DENGLER, K. Rheological Methods to Characterize Pectins in Solutions and Gels. In: VISSER, J.; VORAGEN, A. G. J. (Eds.), **Progress in Biotechnology: Pectins and Pectinases**, v. 14, p.407-423, 1996

ERCISLI, S; ORHAN, E. Chemical composition of White (*Morus Alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. **Food Chemistry**. v.103, p. 1380 - 1384. 2007.

ESPÍNDOLA, B.P.; AMARANTE, C. V. T.; SILVEIRA, J. P. G. Taxas Respiratórias e de Produção de etileno em pós-colheita de frutos de araçá-vermelho e araçá amarelo. In: **Anais... XIX Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 2006. Frutas do Brasil: saúde para o mundo, Cabo Frio - RJ. 2006.

ESPÍN, J.C. Anthocyanin-based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 48, p.1588 -1592, 2000.

EVAGELIOU, V.; RICHARDSON, R. K.; MORRIS; E. R. Effect of pH, sugar type and thermal annealing on high methoxyl pectin gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 42, p.245-259, 2000.

FERNANDES, J. B. Extrações de óleos de sementes de citros e suas atividades sobre a formiga cortadeira *Atta sexdens* e seu fungo simbiote. **Química Nova**, v. 25, p. 1091- 1095, 2002.

FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. de M.; CONCEIÇÃO, R.S.; GASPARETTO, C.A., Reologia de misturas de polpas de goiaba e caju peneiradas, **Revista de Estudos Tecnológicos – Engenharia**, v.14, p.49-55, 2003.

FESKANICH, D.; ZIEGLER, R. G.; MICHAUD, D. S.; GIOVANNUCCI, E. L.; SPEIZER, F. E.; WILLETT, W. C.; COLDITZ, G. A. Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 92, p. 812-1823, 2000.

FU, J. T.; RAO, M. A. Rheology and structure development during gelation of low methoxyl pectin gels: the effect of sucrose. **Food Hydrocolloids**, v.15, p.93-100, 2001.

FISZMAN, S. M; L. DURÁN. Mechanical properties of kappa carrageenan-locust bean gum mixed gels with added sucrose, **Food Hydrocolloids**, v.3, p.209-216, 1989.

GARDNE R, P. T.; TAMSIN, A. C.; WHITE, D. B.; McPHAIL, G. G. D. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, v.68, p.471-474, 2000.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery, and properties. **Biotechnology Advances**, v.18, p.549-579, 2000.

GARNIER, C.; AXELOS, M. A. V.; THIBAUT, J. F., Dynamic viscoelasticity and thermal behaviour of pectin-calcium gels. **Journal Food Hydrocolloids**, v. 5, p.105-108, 1991.

GAJAR, A. M.; BADRIE, N. Processing and quality evaluation of a low-calorie Christophe jam (*Scchium edule* (Jacq.)) Swartz. **Journal Food Science**, v. 67, p. 341- 345, 2001.

GEMTCHÜJNICOV, I. D. **Manual de taxonomia vegetal**: plantas de interesse econômico, agrícola, ornamentais e medicinais. São Paulo: Ceres, 1976. 368p

GERHARDT, L. B. de A.; MANICA, I. KIST, H.; SIELER, R. L. Características físico-químicas dos frutos de quatro cultivares e três clones de goiabeira em Porto Lucena, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, p. 185-192, 1997.

GIBOREAU, A.; CUVELIER, G; LAUNAY, B. Rheological behaviour of three biopolymer/water systems, with emphasis on yield stress and viscoelastic properties. **Journal of Texture Studies**, v. 2, p. 119-137, 1994.

GIANNAKOUREOU, M. C.; TAOUKIS, P. S. Kinetic modeling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. **Food Chemistry**, v.83, p.33-41, 2003.

GONDIM, J. A. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, p.825-827, 2005.

GODOY, H.T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Composição de carotenóides em nectarina (*Prunus persica*) brasileira. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.57, p.73-79, 1998.

GOLUBITSKII, C. B.; BUDKO, W. V.; BASOVA, E. M.; KOSTARNOI, A. V.; IVANOV, V. M. Stability of ascorbic acid in aqueous and aqueous-organic solutions for quantitative determination. **Journal of Analytical Chemistry**, v. 62, p.742-747, 2007.

GÓMEZ, R.; COSTA, J. A.M.O, M; ALVARRUIZ, A.; PICAZO, M.; PARDO, J. E. Physicochemical and colorimetric evaluation of local varieties of tomato grow in SE Spain. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p.1101-1105, 2004.

GUERRERO, S. N.; ALZAMORA, S. M. Effect of pH, temperature and glucose addition on flow behaviour of fruit purées. Banana purée. **Journal of Food Engineering**, v. 33, p. 239-256, 1997.

GUERREIRO, L. M. R.; MENEGUELLI, F. C. Influência do tratamento térmico e da acidez no comportamento reológico de amidos nativos funcionais de milho cerosos orgânicos comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, p. 412-419, 2009.

GRANADA; G. G.; ZAMBIAZI, R. C.; MENDONÇA; C. R. B.; SILVA, E. Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de geléias light de abacaxi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 629-635, 2005.

GRANADA, G. L.; VENDRUSCOLO, J. L.; TREPTOW, R. O. Caracterização química e sensorial de sucos clarificados de amora-preta (*Rubus spp.L.*). **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 7, p. 143 - 147 2001.

HALLIWELL, B. The characterization of antioxidants. **Food Chemistry Toxicological**, v. 33, p.601-617, 1995.

HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v.55, p.481-504, 2000.

HARDER, I. C. F.; TEIXEIRA, L. A. J.; POMMER, C. V.; GALLO, P. B. Desenvolvimento inicial de plantas de espécies frutíferas nativas e exóticas em Mococa, SP. Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais...** Florianópolis, 2004, p.16-22.

HARTREE, E. F. Determination of proteins: a modification of the Lowry method that give a linear photometric response. **Journal analysis Biochemistry**, v.48, p.422-27, 1972.

HASSIMOTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.53, p.2928-2935, 2005.

HEIM, K. Y. E.; TAGLIAFERRO A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal of Nutrition Biochemistry**, v. p. 13572 - 13584, 2002.

HELDT, H.W. **Plant biochemistry and molecular biology**. New York: Oxford Academic Press, p. 6-8, 1997.

HERTOG, M. G. L.; HOLLMAN, P. C. H.; VAN-PUTTE, B. Content of potentially ant carcinogenic flavonoids of tea infusions, wines and fruit juices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, p. 1.242-1.246, 1993.

HERZOG, N. F. M.; MALAVASI, M. M., BRAGA, G. C., FORMENTINI, H. M. Influência dos Estádios de Maturação e da Orientação da Radiação Solar Sobre as Características Físico-Químicas da Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg). In: **Anais...** XX Congresso Brasileiro de Fruticultura. Vitória-ES, 2008.

HIGIRO, J., HERALD, T. J.; ALAVI, S. Rheological study of xanthan and locust bean gum in dilute solution. **Food Research International**, v.39, p.1651-75, 2006.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v. 2, p. 393-418, 1971.

HOLDSWORTH, S. D. Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review. **Transactions of the Institution of Chemical Engineers**, v. 71 p. 139-179, 1993.

HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B. Health effects and bioavailability of dietary flavonols. **Free Radical Research** v. 31, p. 75-80S, 1999.

HONG, S. T.; LEE, H. H.; KIM, D. Effect of hot water treatment on the storage stability of satsuma mandarin as a post harvest decay control. **Post harvest Biology and Technology**, v. 43, p. 271-279, 2007.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, v. 53, p. 1.841-1.856, 2005.

HUNTERLAB. **Applications note: CIE L* a* b* color scale**, v. 8, n. 7. 1996. Disponível em http://elfiz2.kee.hu/cie/newcie/nc/DS014-4_3.pdf. Acesso em junho, 2010.

IMUNGI, J. K.; SCHEFFELDT, P.; SAINT-HILAIRE, P. Physical-chemical changes during extraction and contraction of clear guava juice. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technology (LWT) - Journal Food Science and Technology**, v.13, p.248-251, 1980.

IVERSEN, C. K. Black currant nectar: effect of processing and storage on Anthocyanin and ascorbic acid content. **Journal of Food Science**, v.64, 37-41p, 1999.

JACKIX, M. H. **Doces, Geléias e Frutas em Calda** (Teórico e Prático). Campinas: Editora Ícone, 1988.172p.

JAWAHEER, B.; GOBURDHUN, D.; RUGGOO, A. Effect of processing and storage of guava into jam and juice on the ascorbic acid content. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.58, p.1-12, 2003.

JAYAPRAKASHA, G. K.; SING, R.P.; SAKARIAH, K. K.; Antioxidant activity of grape seed (*Vitis Vinifera*) extratics on peroxidation models in vitro. **Food Chemistry**. v.73, p. 285-290, 2001.

KAHKONEN, M. P.; HOPIA, A. I.; VUORELA, H. J.; RAUHA, J. P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T. S.; HEINONEN, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolics compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.47, p. 3954-3962, 1999.

KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A Scheme for obtaining standards and HPLC quantification of leafy vegetable carotenoids. **Food Chemistry**. v. 78, p. 389-398, 2002.

KIRBY, C. J.; WHITE, C. J.; RIGBY, N.; COXON, D. T.; LAW, B. A. Stabilization of ascorbic acid by microencapsulation in liposome, **International Journal of Food Science and Technology**, v. 26, p. 437-449, 1991.

KRIS-ETHERTON, P. M. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **American Journal of Medicine**, v.113, p.71-88, 2002.

KRINSKY, N. I. Actions of carotenoids in biological systems. **Annual Review of Nutrition**, v. 13, p. 561-587, 1993.

KUSKOSKI, E. M. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 25, p. 726-732, 2005

KUSKOSKI, E. M.; GARCIA ASUERO, A.; TERESA MORALES, M.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, p. 1283-1287, 2006.

LAGO, E. S. G; SILVA, R. da Produção de geléia de jambolão (*Syzygium cumini* Lamarck): processamento, parâmetros físico - químicos e avaliação sensorial. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 419-425, 2006.

LAPASIN, R.; PRICL, S. Rheology of polysaccharide systems. In: **Rheology o Industrial Polysaccharides: theory and applications**. London: Blackie Academic & Professional, 1995, p. 251-293.

LEA, A.G.H. Enzymes in the production of beverages and fruit juices. In: TUCKER, G. A.; WOODS, L.F.J. (Ed.) **Enzymes in food processing**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, p.221-249, 1998.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 207-220, 2000.

LEGRAND, C. D.; KLEIN, R. M. Mirtáceas: *Campomanesia*, In: REIZ, P.R. **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1977. p. 573-623.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; PRAZERES, F. G.; MUSSER, R. S.; LIMA, D. E. S. Total phenolics and carotenoids contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, v.90, p.565-568, 2005.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002, v.1, 368 p.

LU, Y.; FOO, L. Y. Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*). **Food Chemistry**, v.75, p.197-202, 2001.

LUXIMON-RAMMA, A.; BAHORUN, T.; CROZIER, A. Antioxidant actions and phenolics and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v 83, p. 496-502, 2003.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S., **Krause**: Alimentos, nutrição e dietoterapia, Roca, 11 Ed. p 35-167, 2005.

MAIA, G. A.; RITTER, U. G.; FIGUEIREDO, R. W.; OLIVEIRA, G. S. F.; GONÇALVES JÚNIOR, J. C.; MONTEIRO, J. C. S. Obtenção e avaliação de bebida de baixa caloria à base de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, p. 233-240, 2003.

MANICA, I.; KIST, H.; MICHELETTO, E. L.; KRAUSE, C. A. Competição entre quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1305-1313, 1998.

MARCON, M. V; VRIESMANN, L. C; WOSIACKI, G; BELESKI-CARNEIRO, E. Pectins from apple pomace. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, p.127-129, 2005.

MARCOTTE, M.; TAHERIAN, H.; RAMASWAMY, H. S. Rheological properties of selected hydrocolloids as function of concentration and temperature. **Food Research International**. v.34, p.695-703, 2001.

MARTINS, R. C.; SANTELLI, P.; FIGUEIRAS, T. S. Coco-cabeçudo. In: Vieira, R. F. (ed.) **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.153-161, 2006.

MASSOUD; NEJATI-YAZDINEJAD. Indirect determination of ascorbic acid (vitamin C) by spectrophotometric method. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 42, p. 1402-1407, 2007.

MATTA, V.; CABRAL, L. Suco de acerola clarificado envasados em garrafas de vidro e de PET. **Revista Engarrafador Moderno**, v. 11, p. 28-30, 2002.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **Hort Science**, v. 27, p. 1254-1555, 1992.

MCNEIL, M.; DARVILL, A. G.; ALBERSHEIM, P. Structure of plant cell wall X: ramnagalacturonan I, a structurally complex polysaccharide in the wall of suspension-cultured sycamore cells. **Plant Physiology**, v. 66, p. 1128-1134, 1980.

MEDA, A.; LAMIEN, C.; ROMITO, M.; MILLOGO, J.; NACOUUMA, O., Determination of the total phenolics, flavonoid and praline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity, **Food Chemistry** v.91, p. 571-577, 2005.

MEDAETS, J. P.; GREENHALGH, A. A.; LIMA, A. C. M.; SOUZA, D. F. **Agricultura familiar e uso sustentável da agrobiodiversidade nativa**. MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário – Programa de Biodiversidade Brasil-Itália, Brasília/DF, 2007. Disponível em <http://www.mda.gov.br/portal/arq.html>. Acesso em: jun. 2010.

MENENDEZ, J. A.; VELLON, L.; COLOMER, R.; LUPU, R. Oleic Acid, the main monounsaturated fatty acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erb B-2) expression and synergistically enhances the growth inhibitory effects of trastuzumab (Herceptin). In: breast cancer cells with Her-2/neu oncogene amplification. **Annals of Oncology**, v. 16, p. 359-371, mar. 2005.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Application of tristimulus colorimetry to estimate the carotenoids content in ultrafrozen Orange juices. **Journal Science Food Agricultural**, v. 51, p. 7266-7270, 2003.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, p.193-20, 2008.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426-428, 1959.

MILLER, N. J.; SAMPSON, J.; CANDEIAS, L. P.; BRAMLEY, P. M.; RICE-EVANS, C. A. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. **FEBS Letters**, v.384, p. 240-242, 1996.

MONTES, C.; VICARIO, I. M.; RAYMUNDO, M.; FEET, R.; HEREDIA, F. J. Application of tristimulus colorimetry to optimize the extraction of anthocyanins from jaborcaba (*Myrcia jaborcaba* Berg). **Food Research International**, v. 38, p. 983-988, 2005.

MONSOOR, M. A. Effect of drying methods on the functional properties of soy hull pectin. **Carbohydrate Polymers**, v. 20, p.1-6, 2005.

MORRIS, E. R. Polysaccharide Rheology and In-Mouth Perception. In: STEPHEN, A. M. **Food polysaccharides and their applications**. New York: Marcel Dekker, 1995, p.517-546.

MURCIA, M. A.; JIMÉNEZ, A. M.; MARTÍNEZ-TOME, M. Evaluation of the antioxidant properties of Mediterranean and tropical fruits compared with common food additives. **Journal of Food Protection**, v. 64, p. 2037-46, 2001.

NAGY, S. Vitamin C content of citrus fruit and their products: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, p. 8 -18 1980.

NACHTIGALL, A. M; SOUZA, E. L. DE; MALGARIM, M. B; ZAMBIAZI, R. C. Geléias light de amora-preta. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.22, p.337-357, 2004.

NETO, B. DE B.; SCARMINO, I.S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos pesquisa e desenvolvimento da ciência e na indústria**. Ed. Unicamp, 2003, p. 293-302.

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v.10, p.94 -100, 1999.

NINFALI, P. Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. **British Journal of Nutrition**, v. 9, p. 257-66, 2005.

NIIZU, P. Y.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 739-749, 2005.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITIY, H. A.; SILVA JÚNIOR, J. F. S. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.463-470, 2002.

OLIVEIRA, M. E. B., BASTOS, M. S. R., FEITOSA, T., BRANCO, M. A. A. C., SILVA, M. G. G., Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, p.326-332, 1999.

OLSON, J.A. Carotenoids and human health. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v.49, 7S-11S, 1999.

PELEG, H.; BODINE, K. K.; NOBLE, A. C. The influence of acid on adstringency of alum and phenolics compounds. **Chemical Senses**. v. 23, p. 371-8, 1998.

PELLEGRINI N, DEL RIO D, COLOMBI B, BIANCHIMAND BRIGHENTI F, Application of the 2,2_-azobis(3-ethylenebenzothiazoline-6- sulfonic acid) radical cation assay to a flow injection system for the evaluation of antioxidant activity of some pure compounds and beverages. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, v.51, p.260 -264, 2003.

PÉREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.186-192, 2007.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v. 39, p. 791-800, 2006.

PINHEIRO A. M.; FERNANDES A. G.; FAI, A. E. C.; PRADO G. M.; SOUSA P. H. M.; MAIA G. A. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 98-103, 2006.

PRESOTO, A.E.F.; ALMEIDA-MURADIAN, M.D. HPLC determination of alfa-tocoferol, beta-carotene and proximate anlysus of Brazilian parsley leaves. **Bollettino dei chimici Ingienisti**, v.51, p.127-130, 2000.

PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K.; Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, v.53, p.4290-4302, 2005.

QUIN, L.; XU, S.Y.; ZHANG, W. B. Effect of enzymatic hydrolysis on the yield of cloud carrot juice and the effects of hydrocolloids on color and cloud stability during ambient storage. **Journal of Food Science and Agriculture**, v.85, p.505-512, 2005.

RANGANNA, M. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: McGraw-Hill, 1977. 643p.

RAO, M. A.; COOLEY, H. J. Rheological behavior of tomato pastes in steady and dynamic shear. **Journal of Texture Studies**, v. 23, p. 415-425, 1992.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolonization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, p.1231-1237, 1999.

REID, J.S.G. Cell wall storage carbohydrates in seeds. Biochemistry of the seed "gums" and "hemicelluloses". **Advances Botanical Research**, v.11, p. 125-155, 1985.

REYNERTSON, K. A. Quantitative analysis of antiradical phenolics constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, v.109, p.883-890, 2008.

RHODES, M. J. C. The maturation and repining of fruits. In THIMANN, K. V.; ADELMAN, R.C.; ROTH, G.S. **Senescence in plants**. Florida: CRC Press, 1980. Cap. 8, p.157-205.

RIBEIRO, K. O., RODRIGUES, M. I., SABADINI, E., CUNHA, R. L. Mechanical properties of acid sodium caseinate-k-carrageen and gels: effect of co-solute addition. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 71-79, 2004.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure antioxidant activity relationship of Flavonoids and phenolics acid. **Free Radicals in Biology & Medicine**, v.20, p.933-956, 1996.

RIDLEY, B. L.; O'NEILL, M. A.; MOHNEM, D. Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. **Phytochemistry**, v. 57, p. 929-967, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Some considerations in generating carotenoids data for food composition tables. Study review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.13, p.641-647, 2000.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoids analysis in foods**. Washington: ILSI, 2001, 62 p.

RODRÍGUEZ-HUEZO, M. E.; PEDROZA-ISLAS, R.; PRADOBARRAGÁN, L. A.; BERISTAIN, C. I.; VERNON-CARTER, E. J. Microencapsulation by spray drying of multiple emulsions containing carotenoids. **Journal of Food Science**, v. 69, p. 351-359, 2004.

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, v.92, p. 235-254, 2005.

ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. Ascorbic acid destruction in sweet aqueous model systems. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology (LWT) - Journal Food Science and Technology**, v.30, p.567-572, 1997.

ROLIN, C. Pectin's. In: WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. **Industrial Gums: Polysaccharides and Their Derivatives**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 1993. p. 257-293.

ROSENBOHM, C.; INGE, I.; CHRISTENSEN, M.I.E.; YOUNG, N.W.G. Chemically methylated and reduced Pectins: preparation, characterization by H NMR spectroscopy, enzymatic degradation, and gelling properties. **Carbohydrate Research**, v.338, p. 637-649, 2002.

RUFINO, M. S. M; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of eighteen non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, p. 996-1002, 2010.

SALINAS, Y. G.; GARCIA, R. **Métodos químicos para el análisis de suelos acidos y plantas forrajeras**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1985, p 83.

SANCHEZ-MORENO, C.; Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological system. **Journal Food Science Technology Internacional**, v. 8, p.121-127, 2002.

SANDSTEAD, H. H. Zinc in human nutrition. In: **Disorders of mineral metabolism: trace minerals**. New York : Academic Press, 1982. v.2, p.94-157.

SANTANA, A. C.; FIGUEIREDO, G. C. Potencial do mercado de frutas da Amazônia sabor diferenciado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, 2004.

SANTOS, A. F.; SILVA, S. M.; MENDONÇA, R. M. N. Alterações fisiológicas durante a maturação de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). **Proceedings of the Anti-American Society for Tropical Horticulture**, v. 46, p. 52-54, 2002.

SANTOS, M. da S. **Caracterização físico-química e aproveitamento tecnológico do araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine.)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006, 173f.

SANTOS, M. da S.; PETKOWICZ, C. L. O.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; BELESKI CARNEIRO, E. B. Caracterização do suco de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) extraído mecanicamente e tratado enzimaticamente. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, p. 617-621, 2007.

SANTOS, M da S.; CARNEIRO, B. P. I.; W., G.; PETKOWICZ, C. L. O.; BELESKI, B. C. E. Caracterização físico-química, extração e análise de pectinas de frutos de *Campomanesia xanthocarpa* B. (Gabirola). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, p. 101-106. 2009.

SARAVACOS, G. D.; KOSTAROPOULOS, A. E. Transport properties in processing of fruits and vegetables. **Food Technology**, v.49, p.99-105, 1995.

SCALZO, J.; POLITI, A.; PELLEGRINI, N.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolics contents in fruit. **Journal of Nutrition**, v.21, p. 207-213, 2005.

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria: fundamentos teóricos e práticos**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda., 2006.

SENTANIN, M.A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Teores de carotenóides em mamão e pêssgo determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v.27, p.13-19, 2007.

SERÔDIO, I.; MATOS, C. **Papel regulador de la luz en la biosíntesis de etileno en plántulas de Lupinos albus**. Departamento de biologia, Facultad de Ciências, Universidad de Lisboa, v.11, 2003.

SHAHIDI, F.; NAZCK, M. Extraction and analysis of phenolics in food review **Journal of Chromatography A**, v.1054, p. 95-111, 2004.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. United States of America: Wiley-Interscience, 2000.

SHILS, M. E.; OLSON, J. A. SHILKE, M.; ROSS, A. C. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 9. ed. São Paulo: Manole, v. 1, 2003, p.1026.

SILVA, B. M. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: Antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p.4705-12, 2004.

SILVA, E. P.; VILAS BOAS, E. V. B.; RODRIGUES, L. J.; SIQUEIRA, H. H. Caracterização física, química e fisiológica de gabirola (*Campomanesia pubescens*) durante o desenvolvimento **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, p.803-809, 2009.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. L. C.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. M. Caracterização química de frutos nativos do cerrado **Ciência Rural**, v.38, p.102-107, 2008.

SILVA, R. **Estudo das propriedades ópticas de absorção e fotoluminescência do ácido oléico dopado com beta-caroteno**. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Pará, Belém do Pará, 2005. 78p.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic Plant Breeding**, v. 41, p.237-245, 1981.

SINNECKER, P.; GOMES, M. S. O.; ARÊAS, J. A. G.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Relationship between color (instrumental and visual) and chlorophyll contents in soybean seeds during ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3961-966, 2002.

SMOUT, C.; SILA, N.D.; TRUONG, S.V.; ANN, M.L.; LOEY.V. Effect of preheating and calcium pré-treatment on pectin structure and thermal texture degradation: a case study on carrots. **Journal of Food Engineering**, v.64, p.419-425, 2005.

SOUZA, V. C.; LORENZI H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para a identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. São Paulo: Nova Odessa. Instituto Plantarum, 2005. p. 486

SUGAI, A. Y. **Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Linn.), variedade Haden**: estudo da viabilidade do produto para pronto consumo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. 82p

SUN, J. Antioxidant and anti proliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 7449-7454, 2002.

SUN, T.; HO, C. T. Antioxidant activities of buckwheat extract. **Journal Food Chemistry**, v. 90, p. 743-749, 2005.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. Michigan: Freeman Press, 2. ed. 1996. 418 p.

TAKO, M.; NAKAMURA, S. Rheological properties of deacetylated xanthan in aqueous media. **Agricultural Biology Chemical**, v.48, p.2987-2993, 1984.

TEIXEIRA, E; MEINERT, E; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial dos alimentos**, Florianópolis, Ed.: UFSC. 1987 p.182

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analyses ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenilhydrazine method. **Annals of Biochemistry**, v.4 p. 604-608, 1979.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; HAWKINS BYRNE, D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, p. 669-675, 2006.

THOMAS, J. H.; DRAKE, J. M.; PADDOCK, J. R.; CONKLIN, S.; JOHNSON, J.; SELISKAR, C. J.; HALSALL, H. B.; HEINEMAN, W. R. Characterization of ABTS at a polymer-modified electrode. **Journal Electroanalysis**, v.16, p.547-555, 2004.

TOOR, R.K.; SAVAGE, G.P. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. **Food Chemistry**, v.94, p.90-97, 2006.

TOREZAN, G. A. P. **Tratamento enzimático em suco de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) para redução dos teores de sacarose e glicose e obtenção de geléia através de processo contínuo.** Dissertação Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000, 158p.

TORREST, L. B. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização química de carambolas produzidas em região semi-árida do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.1, p.43-54, 2003.

TORREST, R. S. Rheological properties of aqueous solution of the polimer natrosol 250 HHR. **Journal of Rheology**, v. 26, p.143-151, 1982.

TROMP, R. H. KRUIT, C. G; EIJK, M. V; ROLIN, C. On the mechanism of stabilization of acidified milk drinks by pectin. **Food Hydrocolloids**, v.18, p.565-572, 2003.

VALLILO, M. I. Composição química dos frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O.Berg. **Ciência e Tecnologia de Alimento**. V.26, p. 805-810. 2006.

VAN BUREN, J. P. Function of pectin in plant tissue structure and firmness. **Journal Chemistry and Technology of Pectin**, v. 56, p.1-22, 1991.

VANDRELL, M.; PALOMER, R. X. Hormonal control of fruit ripening in climacteric fruits. **Acta horticultures**, v.463, p.325-334, 1997.

VAROQUAUX, P.; WILEY, R. C. Câmbios biológicos y bioquímicos en frutas y hortalizas minimamente procesadas y refrigeradas. In Wiley, R. C. **Frutas y hortalizas procesadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acriba, 1997, p. 221-262.

VITALI, A. A.; RAO, M. A. Flow properties of guava puree as a function of temperature and concentration. **Journal of Textures Studies**, v. 13, p. 275- 289, 1984.

VORAGEN, A. G. J. Pectins. In: STEPHEN, A. M. **Food polysaccharides and their applications**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 287-340.

VRIESMANN, L. C. WOSIACKI, G; BORBA-CARNEIRO, P. I; BELESKI-CARNEIRO Polissacarídeos de frutos do Cambuí (*Myrciaria tenella*, Berg). **Publicatio UEPG. Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 10, p. 41-45, 2004.

WAKABAYASHI, K. Changes in cell wall polysaccharides during fruit ripening. **Journal Plant Research**, v.113, p.231-237, 2000.

WATADA, A. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, p. 8285, 1986.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits & vegetables**. Chapman, N. York, 1997. 362 p.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**. Traducción de Gonzáles, J. B. 2^a ed. Zaragoza: Acribia, 1998. 240p.

WOLFROM, M. L.; THOMPSON, A. Reduction with sodium borohydrate. **Methods in Carbohydrate Chemistry**, v. 2, p. 65-71, 1963.

YAMAGUCHI, T.; TAKAMURA, H.; MATOBA, T.; TERAQ, J. HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1, 1-diphenyl- 2-picrylhydrazyl. **Biociência, Biotechnology and Biochemistry**, v. 62, p.1201-1204, 1998.

YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R.; FILHO, J. A. M.; FALCÃO, J. V.; MIRANDA, S. de P. Comportamento da maturação de mamão 'Tainung 01' cultivado em Brasília-DF. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 27, p. 314-316, 2005.

YAMASHITA, F.; BESSASSI, M. T.; TONZA, A. Produtos de acerola: estudo da estabilidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 5-10, 2003.

ZAINAL, B. S.; RAHMAN, R. A; ARIFF, A .B; SAARI, B. N.; SABIH, B. A. Effects of temperature on the physical properties of pink guava juice at two different concentrations. **Journal of Food Engineering**, v.43, p. 55-59, 2000.

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant activity and phenolics compounds in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 5165-5170, 2001.